

## Effect of tack coat type on shear stiffness modulus at interface of asphalt concrete sample under variation of testing normal pressure and temperature

### Article info

#### Type of article:

Original research paper

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.2.20-29>

#### \*Corresponding author:

E-mail address:

[Sonth@utt.edu.vn](mailto:Sonth@utt.edu.vn)

**Received:** 15/3/2024

**Accepted:** 14/5/2024

**Published:** 17/5/2024

Son Hoang Trinh

Faculty of Civil Engineering, University of Transport Technology, Ha Noi, Viet Nam

**Abstract:** In asphalt pavement construction, the quality of the bonding layer greatly affects the bonding ability between the two layers of asphalt concrete. The interface shear stiffness modulus (K) is one of the essential parameters for evaluating the interlayer stiffness of the asphalt layer. Currently, many types of tack coat materials are used to improve interface bonding ability and stiffness. Each type of tack coat material affects the adhesion quality. This study was conducted on two-layer asphalt concrete samples, using 3 types of tack coat materials (CRS-1, CSS-1, CRS-1P) with the same application rate of 0.5 l/m<sup>2</sup>, tested. The test was conducted under 3 different normal pressure levels (0, 0.2, 0.6MPa) and 2 experimental temperature levels (25, 60°C). The result shows that with the increasing temperature from 25°C to 60°C, the average shear stiffness modulus decreases significantly when using different types of tack coat. Among them, CRS-1P decreased the least and CSS-1 decreased the most. Tack coat material has significant effect on K modulus. Also, the influence of other factors on the interlayer shear stiffness modulus is different. In particular, the experimental temperature is the the most influent factor on the K.

**Keywords:** Asphalt concrete; tack coat type; shear stiffness modulus; normal pressure, temperature.

## Ảnh hưởng của vật liệu tưới dính bám đến mô đun độ cứng chống cắt giữa hai lớp bê tông nhựa có xét đến áp lực pháp tuyến và nhiệt độ thí nghiệm

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.2.20-29>

\*Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

[Sonth@utt.edu.vn](mailto:Sonth@utt.edu.vn)

Ngày nộp bài: 15/3/2024

Ngày chấp nhận: 14/5/2024

Ngày đăng bài: 17/5/2024

Trịnh Hoàng Sơn

Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam

**Tóm tắt:** Trong công tác thi công chất lượng lớp dính bám ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng dính bám của hai lớp bê tông nhựa. Mô đun độ cứng chống cắt (K) là một trong những thông số để đánh giá độ cứng của hai lớp bê tông nhựa. Hiện nay nhiều loại vật liệu tưới dính bám (VLTDB) được sử dụng để cải thiện khả năng dính bám cũng như độ cứng tại lớp tiếp xúc này. Mỗi một loại vật liệu dính bám lại ảnh hưởng đến chất lượng dính bám của hai lớp bê tông nhựa khác nhau. Nghiên cứu này được thực hiện trên các mẫu thử bê tông nhựa hai lớp, sử dụng 3 loại vật liệu tưới dính bám (CRS-1, CSS-1, CRS-1P) với cùng tỉ lệ tưới 0.5 l/m<sup>2</sup>, được thí nghiệm với 3 cấp áp lực pháp tuyến khác nhau (0, 0.2, 0.6MPa) và 2 mức nhiệt độ thí nghiệm (25, 60°C). Kết quả cho thấy, khi nhiệt độ tăng từ 25°C đến 60°C, giá trị K trung bình giảm đáng kể khi dùng các loại dính bám khác nhau. Trong đó, CRS-1P giảm ít nhất và CSS-1 giảm nhiều nhất. Vật liệu tưới dính bám, có ảnh hưởng đáng kể đến giá trị K. Ngoài ra, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến thông số K là khác nhau. Trong đó, nhiệt độ thí nghiệm là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất và loại vật liệu tưới dính bám là yếu tố ít ảnh hưởng lớn nhất đến giá trị K.

**Từ khóa:** Bê tông nhựa; loại vật liệu tưới dính bám; mô đun độ cứng chống cắt; áp lực pháp tuyến, nhiệt độ.

### 1. Đặt vấn đề

Thông thường với mặt đường bê tông nhựa (BTN), các lớp áo đường thường được thiết kế và thi công theo từng lớp [1]. Khi thi công, giữa các lớp bê tông asphalt thường được xử lý bằng lớp dính bám gốc bitum. Chất lượng lớp dính bám này bị ảnh hưởng rất nhiều từ các nhiều yếu tố như vật liệu tưới dính bám - VLTDB (như loại và tỷ lệ VLTDB), cấp phối hỗn hợp BTN, quá trình thi công (như đầm nén, mức độ đồng đều khi tưới dính bám, bảo dưỡng), quá trình khai thác (như tải trọng, nhiệt độ)...vv [2].

Mô đun độ cứng chống cắt tại lớp tiếp xúc (K)

có thể được coi là giá trị đặc trưng cho các mức độ dính bám khác nhau của lớp tiếp xúc giữa hai lớp BTN, ảnh hưởng đến sự phân bố ứng suất-biến dạng trong kết cấu mặt đường [3]. Thông số K cũng được sử dụng trong chương trình phần mềm BISAR 3.0 để phân tích ứng suất-biến dạng trong kết cấu mặt đường nhựa khi xét đến các điều kiện dính bám giữa các lớp khác nhau. Mô hình này được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu đánh giá thông số K giữa hai lớp BTN [4-10].

Theo Goodman và các cộng sự [11], dưới tác dụng của ứng suất gây ra bởi tải trọng trên bề mặt đường, lực theo phương ngang tạo ra ứng suất cắt

và chuyển vị cắt trong kết cấu. Giá trị ứng suất cắt ở lớp tiếp xúc có thể được xác định như sau:

$$\tau = K \cdot \Delta u \tag{1}$$

Với:

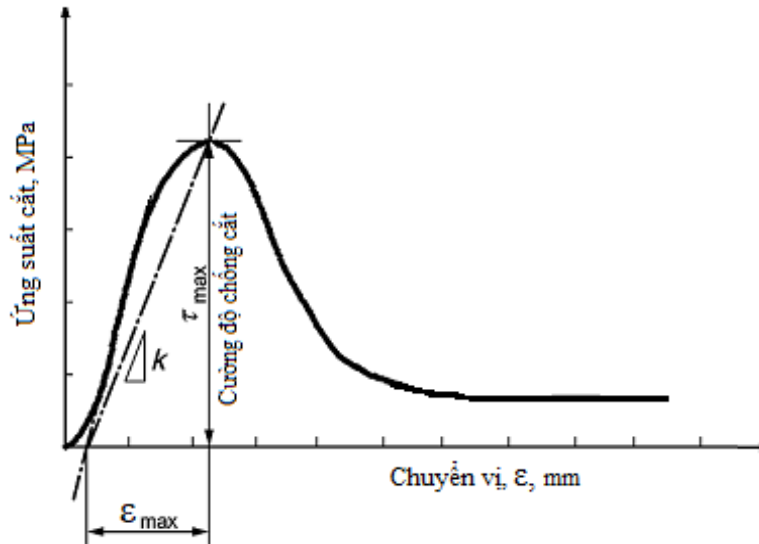
$\tau$  : ứng suất cắt ở lớp tiếp xúc giữa lớp trên và lớp dưới, MPa;

$\Delta u$ : là chuyển vị tương đối của lớp tiếp xúc

theo phương ngang, mm;

K: là mô đun độ cứng chống cắt tại mặt tiếp xúc, (MPa/mm).

Trong thực tế, để đơn giản mô đun độ cứng chống cắt K có thể được xác định theo đường cong quan hệ chuyển vị cắt và ứng suất cắt lớn nhất giữa hai lớp BTN thu được từ thí nghiệm.



Hình 1. Đường cong quan hệ giữa ứng suất cắt-chuyển vị

Từ đó, có công thức sau:

$$K = \tau_{max} / \epsilon_{max} \tag{2}$$

Trong đó:

K: Mô đun độ cứng chống cắt, MPa/mm;

$\tau_{max}$ : Cường độ chịu cắt giữa các lớp BTN, MPa;

$\epsilon_{max}$ : Chuyển vị ngang ứng với  $\tau_{max}$  lớn nhất tác dụng lên mẫu, mm.

Tham số K đã được nghiên cứu bởi một số tác giả nhằm đánh giá xem những mức độ dính bám khác nhau sẽ ảnh hưởng như thế nào đến sự phân bố ứng suất - biến dạng trong kết cấu mặt đường như Kruncheva [12], Romain [13], Uzan [10], Nageim Al và Hakim [14]. Trong trường hợp các lớp được dính bám tốt ( $K = \infty$ ), với trường hợp giữa các lớp hoàn toàn không dính bám ( $K = 0$ ). Kruncheva [12] đã nghiên cứu tính tuổi thọ của kết cấu mặt đường khi xét đến điều kiện (dính bám) tại lớp tiếp xúc giữa các lớp BTN thông qua giá trị K thay đổi từ 0.01 MPa/mm đến 100 MPa/mm. Uzan và các cộng sự [10] đã đánh giá với những giá trị K ở lớp tiếp xúc có trị số thay đổi trong khoảng từ

0 đến  $\infty$  của kết cấu mặt đường ba lớp trên lớp móng cứng. Kết quả đã chỉ ra, sự thay đổi lớn những giá trị ứng suất ở vị trí dưới cùng của lớp trên xảy ra khi giá trị K thay đổi. Hơn thế nữa, trong các nghiên cứu khác cũng cho thấy, khi trị số K tăng, giá trị biến dạng tiến gần đến giá trị được tính cho trường hợp dính bám hoàn toàn và giảm được ứng suất kéo ở vị trí đáy ở mỗi lớp.

Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu xem xét các yếu tố ảnh hưởng chính đến mô đun độ cứng chống cắt K. Đáng kể phải kể đến các đánh giá thực nghiệm về VLTDB, nhiệt độ và áp lực pháp tuyến thí nghiệm. Mohammad [15] đã làm thí nghiệm với lớp dính bám khác nhau từ 3 loại nhũ tương CRS-1, CSS-1, nhũ tương đa tính năng và nhựa PG 64-22 ở nhiệt độ 25°C. Kết quả cho thấy, sử dụng nhũ tương đa tính năng cho kết quả K cao nhất. Một kết luận tương tự cũng được rút ra từ tác giả Amraham Bae [16], khi thí nghiệm với 2 loại vật liệu tươi dính bám là nhũ tương CRS-1 và nhũ tương đa tính năng. Mặc dù trong nghiên cứu này, tác giả thay đổi nhiệt độ thí nghiệm (-10°C-60°C).

West [17] đã tiến hành nghiên cứu sử dụng 3 loại tước dính bám CRS-2, CSS-1, PG 64-22 với các cấp phối (thô và mịn), các nhiệt độ thí nghiệm (10-60°C), áp lực pháp tuyến (0, 0.07, 0.14 MPa). Kết quả cho thấy chất kết dính nhựa đường PG tạo ra giá trị K cao hơn hai nhũ tương (CRS-2 và CSS-1), đặc biệt đối với cấp phối hạt mịn và được thí nghiệm ở nhiệt độ cao. Kết quả cho thấy CRS-2 và CSS-1 có sự khác biệt không đáng kể. Ở Việt Nam, Nguyễn Ngọc Lan [18] đã nghiên cứu xác định mô đun K giữa hai lớp BTN thông qua thí nghiệm cắt Leutner cải tiến (thiết bị cắt không có áp lực pháp tuyến) để đánh giá ảnh hưởng của 3 loại nhũ tương CRS-1, CSS-1, và CRS-1P ở các nhiệt độ khác nhau (30-60°C). Kết quả cho thấy, sử dụng nhũ tương CRS-1P cho mô đun K giữa hai lớp BTN cao nhất. Bùi Thị Quỳnh Anh [19] đã tiến hành đánh giá ảnh hưởng của áp lực pháp tuyến đến các mẫu BTN 2 lớp xét với các điều kiện thay đổi về nhiệt độ (25-60°C) và áp lực pháp tuyến (0-0.6 MPa) trên các mẫu thử tước dính bám bởi một loại nhũ tương duy nhất (CRS-1) với các tỉ lệ khác nhau (0-0.8 l/m<sup>2</sup>) thông số K. Kết quả cho thấy, nhiệt độ và áp lực pháp tuyến có ảnh hưởng đáng kể đến mô đun K.

Có thể thấy việc nghiên cứu thực nghiệm về giá trị K là rất cần thiết để đánh giá một cách chính xác đến khả năng chịu lực và mô đun từng lớp của kết cấu mặt đường. Đặc biệt, nghiên cứu ảnh hưởng của VLTDB trong điều kiện thí nghiệm tương ứng với điều kiện khai thác (áp lực pháp

tuyến, nhiệt độ) đến thông số K trên thiết bị có xét đến áp lực pháp tuyến là hoàn toàn cần thiết.

Bài báo này trình bày về kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của VLTDB bao gồm CSS-1; CRS-1; CRS-1P xét trong điều kiện thí nghiệm áp lực pháp tuyến (0-0.6MPa) và nhiệt độ (25-60°C) đến thông số K trên thiết bị cắt có áp lực pháp tuyến.

**2. Vật liệu chế tạo và phương pháp thí nghiệm**

**2.1. Vật liệu chế tạo**

Hỗn hợp BTN nóng C19 và C12.5 được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của loại VLTDB đến mô đun độ cứng chống cắt của hai loại BTN trên. Vật liệu chế tạo 2 hỗn hợp BTNC19 và BTNC12.5 bao gồm:

Hỗn hợp cốt liệu khoáng (Đá dăm D25, D19, D12.5, D4.75 từ mỏ đá Đồng Ao, Thanh Liêm, Hà Nam và bột đá (Phủ Lý, Hà Nam). Thành phần và cấp phối của hỗn hợp vật liệu khoáng được kiểm tra đảm bảo theo các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 13567:2022 [20].

Chất kết dính là bitum quánh mức 60/70 được cung cấp bởi Công ty TNHH nhựa đường Petrolimex. Các yêu cầu kỹ thuật của bitum được thí nghiệm và kiểm tra theo TCVN 7493: 2005 [21] và TCVN 13567:2022 [20].

Vật liệu tước dính bám bao gồm: CSS-1; CRS-1; CRS-1P đảm bảo theo TCVN 8816-2011 [22], TCVN 8817-2011 [23].

Các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông nhựa nóng C19 và C12.5 được thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông nhựa nóng C19 và C12.5**

Tỉ lệ phối trộn, chỉ tiêu	Loại hỗn hợp bê tông nhựa		Yêu cầu kỹ thuật TCVN 13567:2022
	BTNC 19	BTNC 12.5	
Tỉ lệ phối trộn các thành phần vật liệu	Đá dăm 25 (%)	7	-
	Đá dăm 19 (%)	20	15
	Đá dăm 12.5 (%)	32	31
	Đá dăm 4,75 (%)	36	49
	Bột đá (%)	5	5
	Bitum	4.6	4.9
Độ ổn định Marshall, kN	11.22	14.67	Min 8
Độ dẻo Marshall, mm	2.71	2.92	1.5-4
Độ rỗng dư, %	5.57	4.82	4-6
Độ rỗng hỗn hợp VLK, %	13.95	13.47	Min 12
Độ rỗng lấp đầy bitum, %	68.56	71.26	65-75 C12.5; 19 55-70 C25

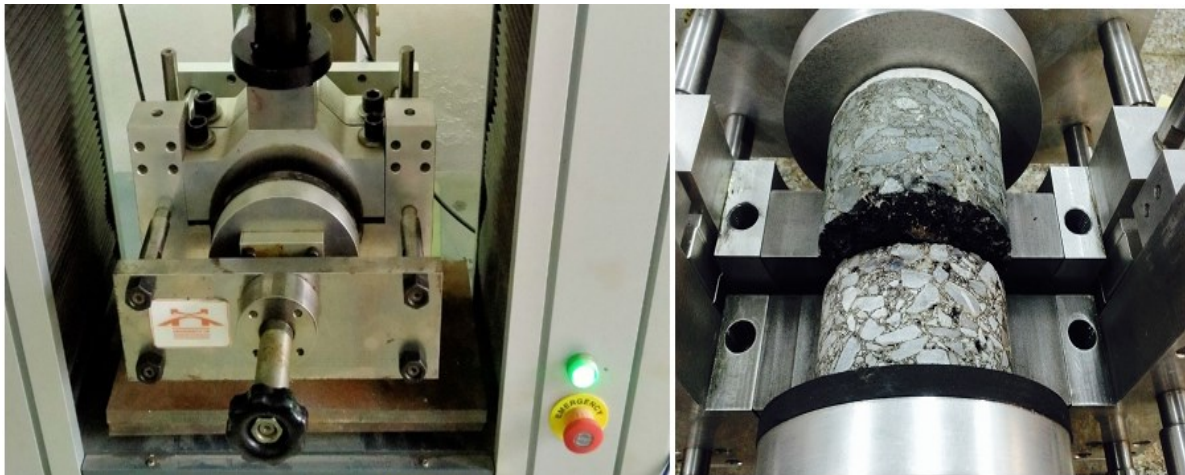
**2.2. Thí nghiệm**

**Bảng 2.** Khoảng biến chạy khảo sát của các biến nghiên cứu

Loại vật liệu tưới dính bám	3 loại	CSS-1, CRS-1, CRS-1P
Nhiệt độ (°C)	2 mức	25°; 60°
Áp lực (MPa)	3 mức	0; 0.2; 0.6
Tổng số lượng mẫu: 3x2x3x3= 54 (mẫu) hình trụ D=10 cm, H=12cm		



**Hình 2.** Chế bị mẫu thí nghiệm 2 lớp C19 và C12.5



**Hình 3.** Thí nghiệm cắt mẫu 2 lớp theo tiêu chuẩn AASHTO TP 114-15

Để nghiên cứu đánh giá sự ảnh hưởng của loại VLTDB đến mô đun độ cứng chống cắt của hai lớp BTNC19 và BTNC12.5. Kế hoạch nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 2.

Hiện nay, mặt đường mềm với kết cấu có lớp mặt trên dùng BTNC12.5 dày 5 cm và lớp dưới dùng BTNC19 dày 7 cm là một trong những kết cấu phổ biến và thường gặp trong các dự án đường bộ tại Việt Nam. Đồng thời, kết cấu này cũng phù hợp với các yêu cầu thiết kế kết cấu áo đường mềm TCCS 38: 2022/TCĐBVN [24]. Mẫu thử hai lớp hình trụ có đường kính 10 cm và chiều cao 12cm được lựa chọn cho nghiên cứu này. Với tổng số lượng mẫu là 54 mẫu. Để chế bị mẫu trên, hỗn hợp

BTN được thiết kế đảm bảo các yêu cầu theo TCVN 13567:2022. Hỗn hợp BTN được định lượng và trộn ở nhiệt độ quy định và để mô phỏng sát với thực tế, các mẫu thử được chế bị trong phòng bằng bộ thiết bị đầm lăn. Để đạt được độ rỗng dư và chiều dày lớp thiết kế, mỗi lớp bê tông nhựa được đầm 45 lượt chu kì, áp lực đầm 600 kPa (0.6 MPa) ở nhiệt độ 145°C.

Trong quá trình chế tạo mẫu, hai loại khuôn bao gồm: loại I (cho lớp dưới 7cm) có kích thước 30 x 30 x 7cm và loại II (cho hai lớp) có kích thước 30 x 30 x 12cm. Sau khi đầm xong lớp dưới thì tiến hành quét dính bám bằng nhũ tương. Tùy thuộc vào loại và tỉ lệ nhũ tương quét dính bám, nhiệt độ

và độ ẩm phòng thí nghiệm, thời gian phân tách của nhũ tương. Sau đó tháo khuôn I và tiếp tục cho mẫu 7cm vào khuôn II. Hỗn hợp bê tông lớp trên dày 5cm được cho vào khuôn II và đầm với nhiệt độ, chu kỳ, áp lực đầm tương tự như đầm lớp dưới dày 7cm. Sau đó, mẫu được tháo khuôn và tiến hành khoan lấy mẫu. Mỗi tấm tiến hành khoan mẫu có kích thước hình trụ đường kính 10 cm và chiều cao 12 cm. Mẫu được capping làm phẳng bề mặt bằng thạch cao và gia nhiệt trong tủ bảo ôn trong môi trường nước ở nhiệt độ thí nghiệm trong thời gian ít nhất 2 giờ.

Quá trình làm thí nghiệm cắt được thực hiện theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn AASHTO TP 114-15 [25]. Mẫu thử 2 lớp bê tông nhựa được cắt bởi lực cắt tập trung với tốc độ không đổi 2.54 mm/min đến khi mẫu bị phá hoại. Áp lực pháp tuyến được duy trì không thay đổi trong toàn bộ khi thí nghiệm cắt diễn ra. Các cấp áp lực pháp tuyến sử dụng là 0; 0.2; 0.6 MPa. Nhiệt độ thí nghiệm cắt được lựa chọn là 25° và 60°C. Thao tác thí nghiệm cắt nên tiến hành nhanh chóng để đảm bảo nhiệt độ của mẫu thử không bị thay đổi do quá trình thí nghiệm cắt.

### 3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Kết quả mô đun độ cứng chống cắt giữa hai lớp BTN được thể hiện trong Hình 4. Kết quả cho thấy, mô đun độ cứng chống cắt giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng từ 25°C lên 60°C ở các loại vật liệu tươi dính bám. Cụ thể, ở 60°C trị số K đạt trung bình giảm 62.78 % so với ở 25°C. Trong đó, khi nhiệt độ tăng từ 25°C đến 60°C, trị số K của mẫu CRS-1P giảm ít nhất (40.36%) và CSS-1 giảm nhiều nhất (65.45%).

Ngược lại, trị số mô đun độ cứng chống cắt tăng đáng kể khi áp lực pháp tuyến thí nghiệm tăng từ 0 đến 0.6 MPa ở các loại vật liệu tươi dính bám khác nhau (trung bình tăng 0.236 -0.395 MPa/mm).

Bởi trị số K là tỉ lệ giữa cường độ chịu cắt tại lớp tiếp xúc và chuyển vị ngang tương ứng. Do đó, khi nhiệt độ tăng, dính bám giữa hai lớp giảm, cường độ chịu cắt giảm dẫn đến giảm mô đun độ cứng chống cắt. Ngược lại, khi áp lực pháp tuyến

tăng, ma sát giữa các lớp được cải thiện đáng kể do gia tăng sự chèn móc của các hạt cốt liệu làm tăng cường độ cắt trượt dẫn đến tăng mô đun độ cứng chống cắt. Kết quả này cũng phù hợp với các công bố từ một số nghiên cứu trước đó [8-10,15].

Phân tích phương sai ANOVA cho kết quả mô đun độ cứng chống cắt với các yếu tố thay đổi loại vật liệu tươi dính bám, áp lực pháp tuyến và nhiệt độ thí nghiệm được thực hiện. Kết quả được thể hiện ở Hình 5 và Bảng 3. Đồ thị Normal Probability Plot cho thấy các số dư phân bố xung quanh đường phân phối chuẩn. Đồ thị Histogram cho thấy tần suất các số dư xuất hiện. Đồ thị đánh giá tính ngẫu nhiên (Versus Order) cho thấy các điểm này phân bố ngẫu nhiên không có quy luật nào. Điều này chứng tỏ dữ liệu mô đun độ cứng chống cắt không bị ảnh hưởng của các yếu tố điều khiển có quy luật nào khác ngoài các biến nhiệt độ, áp lực, loại dính bám. Tương tự, hai đồ thị Versus Fit và Versus Order phân bố ngẫu nhiên quanh đường 0.0 và không theo quy luật nào.

- Nếu  $P \leq 0.05$ : có ảnh hưởng đến hàm mục tiêu
- Nếu  $P > 0.05$ : không ảnh hưởng đến hàm mục tiêu

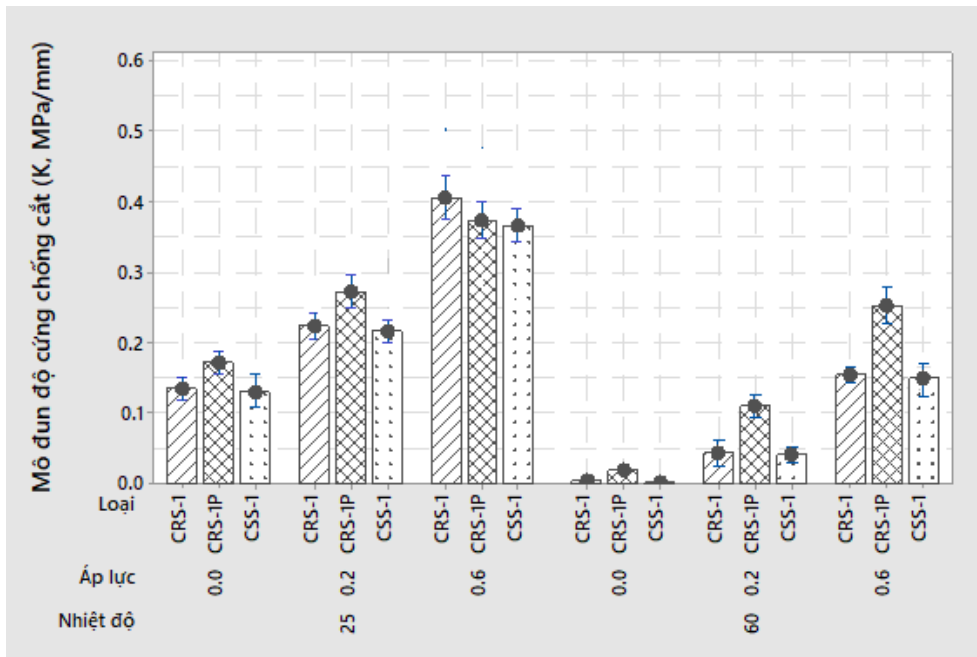
Với các ảnh hưởng tương tác một chiều (Loại, Áp lực, Nhiệt độ), hai chiều (Áp lực\* Loại, Loại \*Nhiệt độ, Áp lực\*Nhiệt độ) đều ảnh hưởng đến mô đun chống cắt. Điều này được thể hiện bởi giá trị phân phối F thí nghiệm của các yếu tố đều lớn hơn F lý thuyết và giá trị xác suất P đều nhỏ hơn mức ý nghĩa  $\alpha = 0.05$  chứng tỏ các yếu tố ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê.

Kết quả phân tích Tukey kết quả thí nghiệm mô đun độ cứng chống cắt được trình bày trong Hình 6 đến Hình 8. Hình 7 và Hình 8, cho thấy đường "0.000" không cắt qua khoảng tin cậy so sánh giữa các cặp áp lực pháp tuyến và nhiệt độ thí nghiệm. Điều này cho thấy, kết quả mô đun độ cứng chống cắt giữa các cặp áp lực và nhiệt độ thí nghiệm hoàn toàn khác biệt nhau đáng kể và sự sai khác đó có ý nghĩa về mặt thống kê. Ngược lại ở Hình 6 khi so sánh sự sai khác giữa các kết quả trị số K ảnh hưởng bởi các loại vật liệu tươi dính

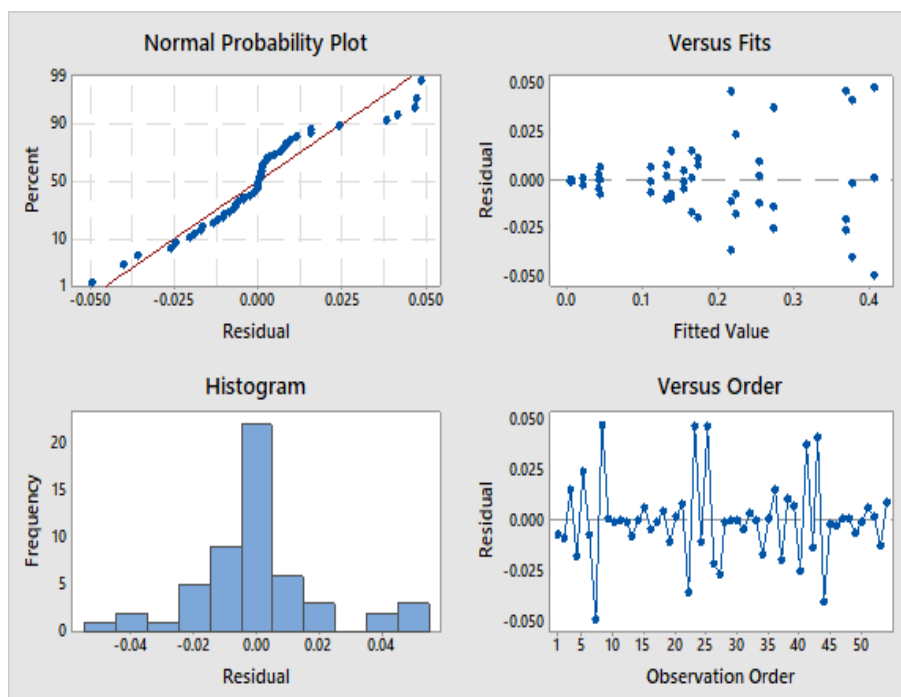
bám, nhận thấy đường “0.000” cắt qua cặp so sánh giữa CSS-1 và CRS-1 còn đối với các cặp CRS-1P và CRS-1; CSS-1 và CRS-1P đường “0.000” không cắt qua khoảng tin cậy. Điều này cho thấy, khi tưới cùng một tỉ lệ tưới dính bám ở cùng một điều kiện thí nghiệm, áp lực pháp tuyến và nhiệt độ thí nghiệm, kết quả mô đun độ cứng chống cắt giữa hai loại CSS-1 và CRS-1 không có sự khác biệt.

Ngược lại khi so sánh 2 cặp loại vật liệu dính bám CRS-1P và CRS-1, CSS-1 và CRS-1P thì hoàn toàn có sự khác biệt đáng kể.

Trong các yếu tố ảnh hưởng đến thông số K được phân tích, yếu tố nhiệt độ ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo đến yếu tố áp lực pháp tuyến và cuối cùng là yếu tố vật liệu tưới dính bám. Kết quả được thể hiện trên Hình 9.



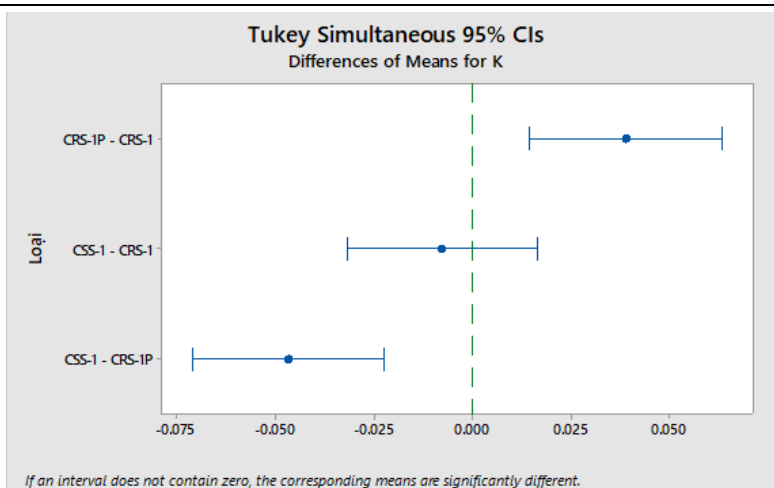
**Hình 4.** Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của loại dính bám đến mô đun độ cứng chống cắt giữa hai lớp BTN



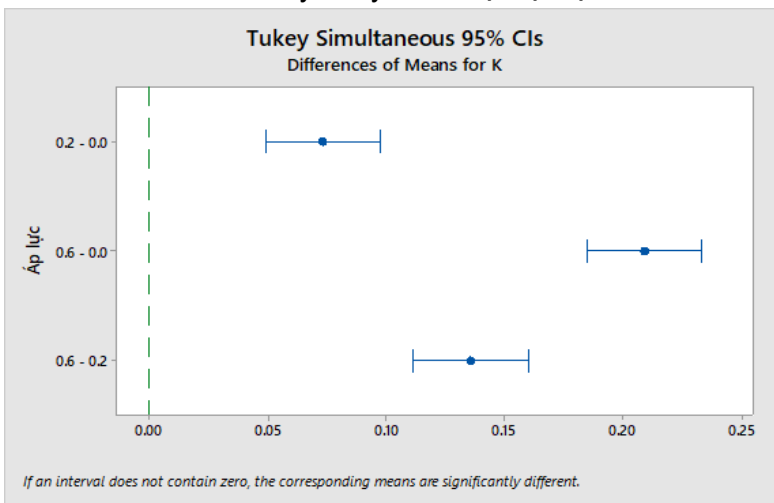
**Hình 5.** Kiểm tra thống kê phần dư kết quả thí nghiệm

**Bảng 3.** Kết quả phân tích ANOVA

Thông tin biến	Mức	Giá trị			
Loại vật liệu	3	CRS-1, CRS-1P, CSS-1			
Áp lực	3	0.0, 0.2, 0.6			
Nhiệt độ	2	25, 60			
Phân tích phương sai					
Thông số	DF	Adj SS	Adj MS	Giá trị F	Giá trị P
Mô hình	17	0.826583	0.048623	86.20	0.000
Tuyến tính	5	0.803555	0.160711	284.91	0.000
Loại	2	0.022364	0.011182	19.82	0.000
Áp lực	2	0.404183	0.202091	358.27	0.000
Nhiệt độ	1	0.377008	0.377008	668.37	0.000
Tương tác 2 chiều	8	0.013477	0.001685	2.99	0.004
Loại*Áp lực	4	0.002514	0.000628	1.11	0.005
Loại*Nhiệt độ	2	0.003944	0.001972	3.50	0.003
Áp lực*Nhiệt độ	2	0.007018	0.003509	6.22	0.005
Sai số	36	0.020306	0.000564		
Tổng	53	0.846889			
Tóm tắt mô hình					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0.0237501	97.60%	96.47%	94.61%		

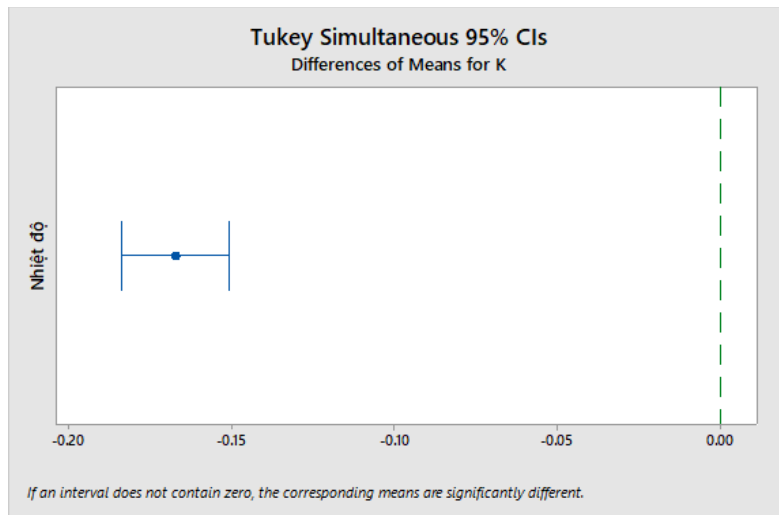


**Hình 6.** Phân tích Tukey với yếu tố loại vật liệu tươi dính bám

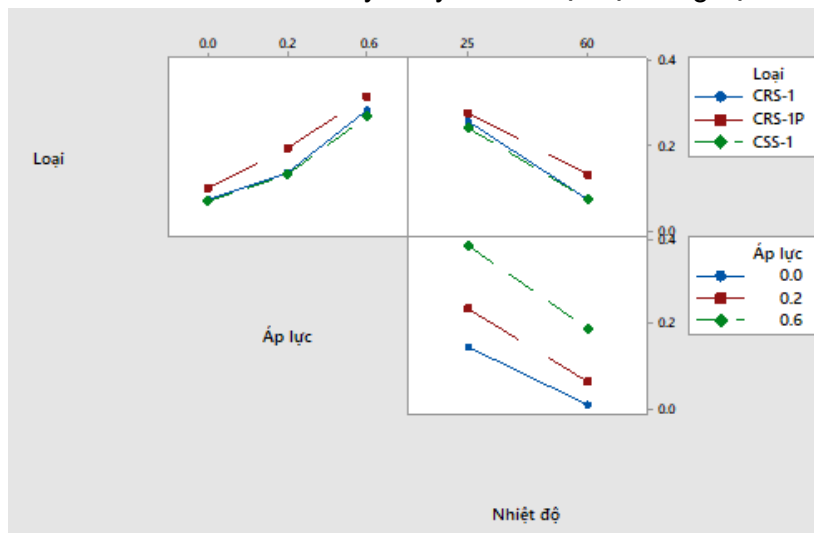


**Hình 7.** Phân tích Tukey với yếu tố áp lực pháp tuyến





**Hình 8.** Phân tích Tukey với yếu tố nhiệt độ thí nghiệm



**Hình 9.** Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến thông số K

**4. Kết luận và kiến nghị**

Từ các kết quả trong nghiên cứu này, một số kết luận như sau được rút ra:

Khi nhiệt độ tăng từ 25°C đến 60°C, trị số K trung bình giảm đáng kể khi dùng các loại dính bám khác nhau. Trong đó, CRS-1P giảm ít nhất và CSS-1 giảm nhiều nhất.

Vật liệu tươi dính bám, có ảnh hưởng đáng kể đến trị số K. Ngoài ra, so sánh cho thấy, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến thông số K giữa hai lớp là khác nhau. Trong đó, nhiệt độ thí nghiệm là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất và loại vật liệu tươi dính bám là yếu tố ít ảnh hưởng lớn nhất đến trị số K.

Khi tươi cùng một tỉ lệ tươi dính bám ở cùng một điều kiện thí nghiệm, áp lực pháp tuyến và nhiệt độ thí nghiệm, trị số K giữa hai loại CSS-1 và

CRS-1 không có sự khác biệt.

Cần có thêm một số nghiên cứu cụ thể sử dụng các giá trị mô đun thực nghiệm thu được từ thực nghiệm áp dụng vào các bài toán phân tích kết cấu mặt đường thực tế trên phần mềm mô phỏng.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải trong Đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Trường mã số ĐTTĐ 2022-14.

**Tài liệu tham khảo**

[1] Zhang, W. (2017). Effect of tack coat application on interlayer shear strength of asphalt pavement: A state-of-the-art review based on application in the United States.

- International Journal of Pavement Research and Technology, 10(5), 434-445.
- [2] Yang, K., & Li, R. (2021). Characterization of bonding property in asphalt pavement interlayer: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 374-387.
- [3] Muslich, S. (2010). Assessment of bond between asphalt layers (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- [4] Collop AC and Thom NH. (2009). Shear bond strength between asphalt layers for laboratory prepared samples and field cores. *Construction and Building Materials (23)*, tr. 2251-2258.
- [5] National Cooperative Highway Research Program. (2012). NCHRP Report 712, Optimization of Tack Coat for HMA Placement, Washington DC.
- [6] Raab. C và Partl MN. (1999). Methoden zur beurteilung des schichtenverbunds von asphaltbelegen, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation/Bundessamt für Strassen, Foeschungsauftrag 12/94, Eidgenössische Materialprüfungs-und Forschungsanstalt, Report Nr442, Zurich, Switzerland.
- [7] Sholar GA et al. (2004). Preliminary investigation of a test method to evaluate bond strength of bituminous tack coats, *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists(73)*, tr. 771-801.
- [8] Chen J và Huang C. (2010). Effect of surface characteristics on bonding properties of bituminous tack coat. *J. Transp. Res. Rec.*, 2180, pp. 142-149.
- [9] Canestrari F, Ferrotti G, Partl M, Santagata E. (2005). Advanced testing and characterization of interlayer shear Resistance, *Transport Research Record No(1929)*, pp. 69-78.
- [10] Uzan J, Livneh và Eshed Y. (1978). Investigation of adhesion properties between asphaltic-concrete layers, *Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists Technical Sessions 47*, pp. 495-521.
- [11] Goodman. S. (2002). Rapid in situ shear testing of asphalt pavements for runway construction quality control and assurance, *Proceedings 2002 FAA airport technology transfer conference*. USA: Atlantic City.
- [12] Kruntcheva MR, Collop AC và Thom NH. (2005). Effect of Bond Condition on Flexible Pavement Performance, *J. Transp Eng. ASCE Publications 131(11)*, tr. 880-888.
- [13] Romain JE. (1968). Contraintes, deformations et deflexions dans les systemes quadricouches elastiques. *Rapport de Recherche No 147/JER/1968*, Centre de Recherche Routières, Bruxelles, Belgium.
- [14] Nageim AL và Hakim AI. (1999). Bonding conditions between pavement layers and their influence on pavement layers moduli and remaining life, *Proceedings of the 3rd European Symposium on Performance and Durability of Bituminous Materials and Hydraulic Stabilised Composites*, pp. 725-736.
- [15] Mohammad, L. N., Hassan, M., & Patel, N. (2011). Effects of shear bond characteristics of tack coats on pavement performance at the interface. *Transportation Research Record*, 2209(1), 1-8.
- [16] Bae, A., Mohammad, L. N., Elseifi, M. A., Button, J., & Patel, N. (2010). Effects of temperature on interface shear strength of emulsified tack coats and its relationship to rheological properties. *Transportation research record*, 2180(1), 102-109.
- [17] West RC, Jingna Z và Jason M. (2008). Evaluation of bonding strength between pavement layers, NCAT.
- [18] Nguyen.N.L. (2016). Nghiên cứu ứng xử dính bám và đề xuất giới hạn sức kháng dính bám giữa hai lớp bê tông nhựa trong kết cấu mặt đường mềm ở Việt Nam, *Luận án tiến sĩ, Đại học GTVT*.
- [19] Bui T.Q.A. (2020). Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực pháp tuyến đến sức kháng cắt trượt

- giữa các lớp bê tông nhựa. Luận án Tiến sĩ, ĐH GTVT.
- [20] Bộ Khoa học Công nghệ. (2022). TCVN 13567:2022 - Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu.
- [21] Bộ Khoa học Công nghệ. (2005). TCVN 7493: 2005 - Bitum - Yêu cầu kỹ thuật.
- [22] Bộ Giao thông vận tải. (2011). TCVN 8816: 2011 - Nhũ tương nhựa đường gốc axit.
- [23] Bộ Giao thông vận tải. (2011). TCVN 8817: 2011 - Nhũ tương nhựa đường Polime gốc axit.
- [24] Bộ Giao thông vận tải. (2022). TCCS 38: 2022/TCĐBVN - Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.
- [25] AASHTO TP114-15. Determining the Interlayer Shear Strength (ISS) of Asphalt Pavement Layers.