

Lựa chọn phương pháp xác định sức kháng cắt của bê tông asphalt

■ TS. NGÔ NGỌC QUỲ; PGS. TS. TRẦN THỊ KIM ĐĂNG; KS. NGUYỄN VIỆT THÀNH

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kết quả thí nghiệm xác định các thông số đặc trưng cho kháng cắt của bê tông asphalt là lực dính đơn vị (c) và góc nội ma sát (φ) trong phòng thí nghiệm sử dụng 3 mô hình thí nghiệm: nén ba trục; nén dọc trục kết hợp kéo gián tiếp, nén dọc trục kết hợp nén Marshall. Kết quả thí nghiệm cho thấy giá trị c , φ xác định có sự khác nhau. Từ phân tích kết quả thí nghiệm và đánh giá mức độ sẵn có của thiết bị và mức độ đơn giản trong chế tạo mẫu và thực hiện thí nghiệm, mô hình thí nghiệm kết hợp giữa nén dọc trục và kéo gián tiếp được đề xuất để áp dụng trong điều kiện Việt Nam.

TỪ KHÓA: Sức kháng cắt, lực dính đơn vị, góc nội ma sát.

ABSTRACT: The paper presents in-lab testing results of shearing strength of cohesion (c) and internal friction angle (φ) of a typical asphalt concrete using O3 testing methods: Triaxial Compression Test; Uniaxial Compression combined with Indirect Tensile Test; and Uniaxial Compression combined with Marshall Test. The results are different between these testing methods. Based on the testing results analysis and assessment of testing equipment availability and testing method simplicity, it is proposed for application of the Uniaxial Compression combined with Indirect Tensile Test to determine shearing strength properties (c , φ) of asphalt concrete.

KEYWORDS: Shear resistance, cohesion, internal friction angle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lực dính đơn vị (c) và góc nội ma sát (φ) là hai tham số cơ bản đặc trưng cho sức kháng cắt của vật liệu nói chung, của bê tông asphalt nói riêng. Các nghiên cứu trước đây trên thế giới đa số đều sử dụng mô hình thí nghiệm ba trục kinh điển để đánh giá tính năng kháng cắt của hỗn hợp vật liệu bê tông asphalt. Mô hình này được xem là cho trạng thái ứng suất của mẫu rõ ràng, mô phỏng gần hơn cả với ứng xử của bê tông asphalt mặt đường khi chịu tải trọng thực tế, nhưng yêu cầu thiết bị thí nghiệm phức tạp, đắt tiền, các thao tác thí nghiệm cũng phức tạp hơn cả. Chính vì vậy, thí nghiệm nén ba trục được sử dụng chủ yếu trong các nghiên cứu, đặc biệt là nghiên cứu chuyên sâu,

mà hiếm khi được sử dụng trong thực tế thiết kế hỗn hợp hay thi công và nghiệm thu công trình.

Nhiều nghiên cứu đã thực hiện để đề xuất một số phương pháp thí nghiệm thay thế để xác định các tham số này, điển hình của các phương pháp thí nghiệm hơn được đề nghị là thí nghiệm nén dọc trục kết hợp thí nghiệm kéo trực tiếp hoặc thí nghiệm kéo gián tiếp, thí nghiệm cắt phẳng, thí nghiệm cắt xoay [5-9]. Cường độ kháng cắt của vật liệu không phụ thuộc vào phương pháp thí nghiệm, nhưng các phương pháp thí nghiệm khác nhau có sự khác nhau về nguyên lý lực học, trình tự thí nghiệm, tốc độ gia tải, phương pháp tính toán..., nên khi sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau hoàn toàn có khả năng cho các kết quả thí nghiệm khác nhau.

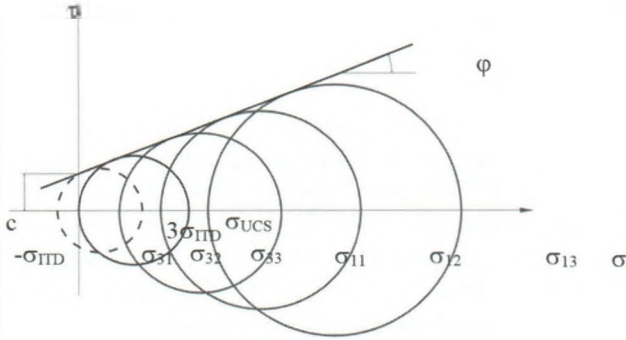
Ở Việt Nam, vài năm gần đây đã có một số nghiên cứu ban đầu sử dụng các mô hình thí nghiệm khác nhau để xác định các đặc trưng kháng cắt (c , φ) của bê tông asphalt. Nghiên cứu [3-4], tác giả và cộng sự sử dụng mô hình thí nghiệm nén 3 trục xác định c , φ và đánh giá một số yếu tố cơ bản (nhiệt độ, tốc độ gia tải, loại chất kết dính) ảnh hưởng đến các tham số này của một số loại bê tông asphalt phổ biến ở Việt Nam. Trong nghiên cứu [2] và nghiên cứu [1], các tác giả sử dụng mô hình thí nghiệm theo tiêu chuẩn Nga GOST 12801-1998 để xác định c , φ của hỗn hợp bê tông asphalt. Nghiên cứu [8], các tác giả sử dụng thí nghiệm nén đơn trục kết hợp kéo trực tiếp và thí nghiệm nén đơn trục kết hợp kéo gián tiếp để xác định c , φ của hai hỗn hợp bê tông asphalt, qua phân tích các tác giả kết luận không có sự sai khác nhiều giữa kết quả của hai phương pháp thí nghiệm. Việc lựa chọn phương pháp thí nghiệm nào xác định c , φ cho hỗn hợp bê tông asphalt để đơn giản, phù hợp với điều kiện thiết bị thí nghiệm ở Việt Nam, đảm bảo độ tin cậy là rất cần thiết. Nghiên cứu này sử dụng 3 phương pháp thí nghiệm khác nhau để tiến hành xác định c , φ của hỗn hợp bê tông asphalt chặt 19 sử dụng nhựa PMB-I (Phương pháp 1 - PP1: Thí nghiệm theo mô hình nén 3 trục; Phương pháp 2 - PP2: Sử dụng thí nghiệm nén đơn trục kết hợp với thí nghiệm kéo gián tiếp; Phương pháp 3 - PP3: Thí nghiệm theo phương pháp A tiêu chuẩn GOST 12801), thông qua phân tích, so sánh, đề xuất phương pháp thí nghiệm vừa đơn giản vừa có độ tin cậy để có thể sử dụng rộng rãi trong thực tiễn công trình ở Việt Nam.

2. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH c , φ CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG ASPHALT THEO CÁC MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Phương pháp thí nghiệm

Dựa vào lý luận kháng cắt Mohr - Coulomb, bất luận

phương pháp thí nghiệm nào nếu tối thiểu lập được hai vòng tròn Mohr, khi đó có thể thiết lập lên đường bao phá hoại của vật liệu và xác định các tham số cường độ kháng cắt (lực dính đơn vị c và góc nội ma sát φ). Trong nghiên cứu này sử dụng thí nghiệm nén ba trục, thí nghiệm nén đơn trục và thí nghiệm kéo gián tiếp (ép chẻ) hợp thành hai phương án để xác định tham số cường độ kháng cắt của hỗn hợp bê tông asphalt như Hình 2.1.



Hình 2.1: Sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau thiết lập vòng tròn Mohr

Khi đó, c và φ được xác định như sau:

- Với thí nghiệm nén 3 trục: Tính toán thông số cường độ kháng cắt theo các công thức (1) đến (6).

$$\varphi = \arcsin(m) \tag{1}$$

$$c = \frac{b}{\cos \varphi} \tag{2}$$

Trong đó: c - Lực dính đơn vị; kPa; φ - Góc nội ma sát, độ

$$m = \frac{\sum(p_i \cdot q_i) - \frac{1}{n} \cdot (\sum p_i) \cdot (\sum q_i)}{\sum(p_i)^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum p_i)^2} \tag{3}$$

n - Số thí nghiệm với áp lực hông (khác nhau);

p_i - Tâm của vòng tròn Mohr theo phương ngang:

$$p_i = \frac{(\sigma_{1i} + \sigma_{3i})}{2} \tag{4}$$

q_i - Bán kính vòng tròn Mohr:

$$q_i = \frac{(\sigma_{1i} - \sigma_{3i})}{2} \tag{5}$$

$$b = \frac{1}{n} \cdot \sum q_i - \frac{m}{n} \cdot \sum p_i \tag{6}$$

- Với thí nghiệm nén đơn trục kết hợp thí nghiệm kéo gián tiếp, c và φ được tính theo các công thức từ (7), (8):

$$\sin \varphi = \frac{|\sigma_{UCS}| - 4 |\sigma_{IDT}|}{|\sigma_{UCS}| - 2 |\sigma_{IDT}|} \tag{7}$$

$$c = \frac{(2 - \sin \varphi)}{\cos \varphi} |\sigma_{IDT}| \tag{8}$$

Nghiên cứu còn sử dụng thí nghiệm theo phương pháp A của tiêu chuẩn GOST 12801 để xác định c , φ của hỗn hợp bê tông asphalt. Theo phương pháp thí nghiệm này c , φ được xác định từ kết quả thí nghiệm nén dọc trục và thí nghiệm ép (theo nguyên lý Marshall và được tính theo các công thức từ (9) đến (10).

$$\varphi = \frac{3(A_m - A_c)}{3A_m - 2A_c} \tag{9}$$

$$c = \frac{1}{6} (3 - 2tg\varphi) R_c \tag{10}$$

A_m và A_c là công nén trong thí nghiệm nén theo mô hình Marshall và theo mô hình nén đơn trục với mẫu có chiều cao bằng đường kính và bằng 71,6 mm.

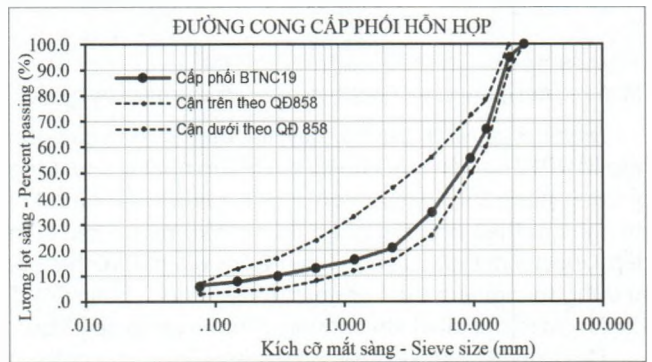
$$A_m = P_m \cdot L_m / 2; A_c = P_c \cdot L_c / 2$$

P_m, P_c (kN); L_m, L_c (mm) - Lần lượt là lực nén lớn nhất và biến dạng của mẫu theo mô hình nén Marshall và mô hình nén dọc trục; R_c - Cường độ nén dọc trục.

2.2. Thông tin hỗn hợp bê tông asphalt sử dụng nghiên cứu

Nguồn gốc vật liệu sử dụng cho hỗn hợp: đá 0x5, đá 5x10, đá 10-19 và đá 10-25 có nguồn gốc mỏ Gò Chòi, xã Đông Xuân - xã Tiến Xuân, huyện Quốc Oai; bột khoáng Kiện Khê, Hà Nam; nhựa PMB-1 (ITC).

Thành phần hỗn hợp BTNP19 thể hiện trong Hình 2.2. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp được thí nghiệm theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành như trong Bảng 2.1.



Hình 2.2: Đường cong cấp phối BTNP19

Bảng 2.1. Tổng hợp chỉ tiêu cơ lý hỗn hợp BTNP19

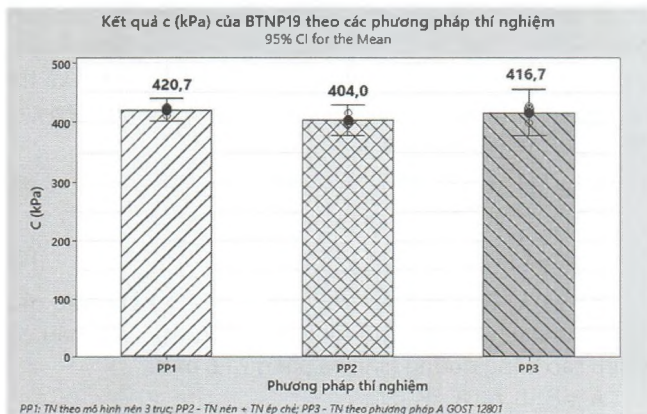
	% nhựa trong hỗn hợp	Độ rỗng dư (%)	Độ rỗng cốt liệu (%)	Độ rỗng lấp đầy nhựa (%)	Độ ổn định Marshall (kN)	Độ dẻo Marshall (mm)	Độ ổn định còn lại (%)
BTNP19	4,7	4,5	15,5	15,5	13,7	4,5	91,2
Y/C 22TCN356-06		3÷6	≥ 13	65÷75	Min 12	3÷6	Min 85

2.3. Điều kiện thí nghiệm

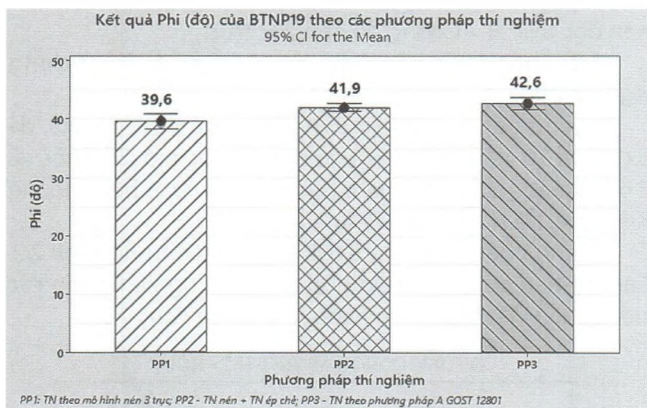
Mẫu thí nghiệm được đúc bằng đầm xoay khống chế độ rỗng dư. Mẫu có đường kính $d = 100$ mm, cao $h = 150$ mm sử dụng cho thí nghiệm 3 trục và thí nghiệm nén đơn trục. Các mẫu sử dụng làm thí nghiệm kéo gián tiếp có kích thước $d = 150$ mm, $h = 60$ mm được cắt từ các mẫu đầm xoay có chiều cao và đường kính 150 mm. Mẫu thí nghiệm nén và ép theo mô hình Marshall theo tiêu chuẩn GOST-12801 có đường kính bằng chiều cao bằng 71,4 mm được khoan và cắt từ mẫu đúc bằng đầm lăn. Sử dụng 4 cấp áp lực hông trong thí nghiệm 3 trục là 0 kPa, 138 kPa, 276 kPa và 414 kPa. Các thí nghiệm được thực hiện ở điều kiện nhiệt độ 50°C. Tốc độ gia tải sử dụng trong các thí nghiệm nén 3 trục ở các cấp áp lực là 7,5 mm/phút (tiêu chuẩn JTG E20-2011 phần T 0718-2011), các thí nghiệm còn lại thực hiện với tốc độ gia tải 50 mm/phút.

2.4. Kết quả thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm xác định lực dính đơn vị và góc nội ma sát của hỗn hợp BTNP19 sử dụng nhựa PMB-I thể hiện ở Hình 2.3 và Hình 2.4.



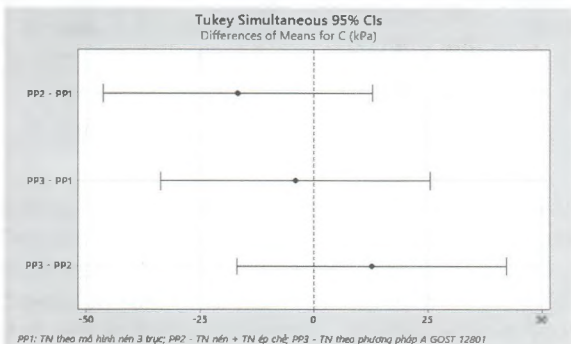
Hình 2.3: Kết quả c của BTNP19 theo các phương pháp thí nghiệm



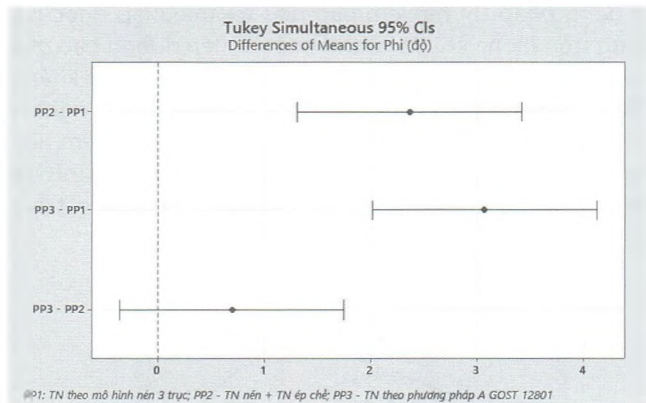
Hình 2.4: Kết quả phi của BTNP19 theo các phương pháp thí nghiệm

Hình 2.3 và Hình 2.4 cho thấy, lực dính đơn vị của hỗn hợp BTNP19 nghiên cứu cho có giá trị lớn nhất khi sử dụng phương pháp thí nghiệm nén 3 trục, giá trị nhỏ nhất khi thí nghiệm theo phương pháp thí nghiệm nén + kéo gián tiếp. Góc nội ma sát của hỗn hợp này có giá trị lớn nhất khi sử dụng thí nghiệm theo phương pháp A tiêu chuẩn GOST 12801, giá trị nhỏ nhất khi sử dụng phương pháp nén 3 trục.

Để đánh giá mức độ khác nhau giữa kết quả thí nghiệm c, phi của hỗn hợp BTNP19 khi sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau, phân tích so sánh Tukey được lựa chọn. Hình 2.5 và Hình 2.6 thể hiện kết quả phân tích Tukey của c và phi.



Hình 2.5: Trung bình hiệu của c (95% CI) sử dụng các phương pháp TN khác nhau



Hình 2.6: Trung bình hiệu của phi (95% CI) sử dụng các phương pháp TN khác nhau

Kết quả phân tích Tukey ở Hình 2.5 cho thấy không có sự sai khác rõ rệt của lực dính đơn vị của hỗn hợp BTNP19 khi sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau. Hình 2.6 cho thấy có sự sai khác của phi thí nghiệm theo phương pháp nén 3 trục so với 2 phương pháp còn lại. Kết quả phi của thí nghiệm nén 3 trục nhỏ hơn 2,37 đơn vị (khoảng tin cậy 95% từ 1,31 đến 3,41) khi sử dụng phương pháp thí nghiệm nén+ép chế, nhỏ hơn 3,07 đơn vị (khoảng tin cậy 95% từ 2,01 đến 4,11) khi thí nghiệm theo phương pháp A của tiêu chuẩn GOST 12801.

3. CÁC KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, bước đầu có các kết luận như sau:

- Khi sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau cho kết quả c, phi của hỗn hợp BTN khác nhau (sự khác nhau của phi thể hiện rõ rệt). Sự khác nhau này do các phương pháp thí nghiệm khác nhau có sự khác nhau về nguyên lý lực học, trình tự thí nghiệm, tốc độ gia tải, phương pháp tính toán.

- Mỗi phương pháp thí nghiệm có ưu, nhược điểm riêng. Thí nghiệm nén ba trục là một trong những thí nghiệm cơ học cơ bản xác định lực dính đơn vị và góc nội ma sát của vật liệu. Đây là thí nghiệm mô phỏng gần nhất trạng thái ứng suất của vật liệu mặt đường khi chịu tác dụng của tải trọng, cũng là phương pháp thí nghiệm được nhiều nghiên cứu lựa chọn nhưng có yêu cầu cao về thiết bị và trình độ thí nghiệm viên. Thí nghiệm theo phương pháp A tiêu chuẩn GOST 12801 là thí nghiệm đơn giản, có thể sử dụng máy nén Marshall quen thuộc để thực hiện thí nghiệm. Tuy nhiên, phương pháp này sử dụng mẫu thí nghiệm có kích thước không phổ biến ở Việt Nam (d=h=71,4 mm) nên khó khăn khi tạo mẫu thí nghiệm. Thí nghiệm nén và thí nghiệm kéo gián tiếp là các thí nghiệm quen thuộc, thiết bị thí nghiệm không cần yêu cầu cao, mẫu thí nghiệm có thể gia công từ mẫu đúc bằng phương pháp đầm xoay (thiết bị đầm xoay đã phổ biến ở Việt Nam) nên có thể kết hợp để tạo thành phương pháp thí nghiệm xác định c, phi của bê tông asphalt phù hợp với điều kiện ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2021-CT-011.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Thanh Hải, Phạm Cao Thăng, Nguyễn Hoàng Long (2018), *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu thô đến sức kháng cắt trượt của bê tông nhựa*, Tạp chí GTVT.
- [2]. Ngô Lâm, Bùi Phú Doanh, Hoàng Tùng, Khuông Hoàng Dương (2017), *Bước đầu nghiên cứu và đánh giá sức chống cắt trượt của BTNC12,5 đang dùng ở Việt Nam theo tiêu chuẩn thí nghiệm và thiết kế hỗn hợp của CHLB Nga*, Tạp chí GTVT.
- [3]. Ngô Ngọc Quý, Trần Thị Kim Đăng, Lê Văn Chăm (2020), *Ảnh hưởng của nhiệt độ và tốc độ gia tải đến đặc tính kháng cắt của bê tông nhựa trong thí nghiệm nén ba trục*, Tạp chí GTVT.
- [4]. Trần Thị Kim Đăng, Ngô Ngọc Quý (2016), *Xác định sức kháng cắt của bê tông nhựa bằng thí nghiệm nén 3 trục*, Tạp chí GTVT.
- [5]. Guofen LI Qiang, HOU Rui, MA Xiang, LI (2016), *沥青混合料抗剪性能试验方法及影响因素研究 (Testing Methods and Factors for Shear Properties of Asphalt Mixtures)*, 公路工程, 41(4), pp.50-54.
- [6]. Wang Hai-nian, Liu Xi-jun, and Hao Pei-wen (2008), *Evaluating the shear resistance of hot mix asphalt by the direct shear test*, Journal of testing and evaluation, 36(6), pp.485-491.
- [7]. Xie J and Wang JW (2017), *Study on torsional shear test method for asphalt mixture under normal stress condition*, Journal of Highway and Transportation Research and Development. 34(7), pp.1-7.
- [8]. Le Van Phuc, Van Hung Nguyen, Nguyen Quang Phuc (2020), *A simplified approach in determining the c and p for asphalt mixtures*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, p.052058.
- [9]. Pellinen Terhi K, et al. (2005), *Relationship between triaxial shear strength and indirect tensile strength of hot mix asphalt*, Journal of the Association of the Asphalt Paving Technologists, 74, pp.347-379.

Ngày nhận bài: 04/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 17/5/2022

**Người phản biện: TS. Lương Xuân Chiếu
TS. Trần Thị Cẩm Hà**