

Nghiên cứu chế tạo thiết bị xác định cường độ cắt giữa các lớp bê tông nhựa có xét đến ảnh hưởng của áp lực pháp tuyến

■ **ThS. NCS. BÙI THỊ QUỲNH ANH; PGS. TS. ĐÀO VĂN ĐÔNG** - Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
 ■ **PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC** - Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Biến dạng cắt trượt giữa các lớp bê tông nhựa (BTN) là một trong những nguyên nhân cơ bản gây ra những hư hỏng và phá hoại thường gặp trên mặt đường BTN. Việc nghiên cứu cường độ cắt trượt giữa các lớp BTN vì vậy là vấn đề cấp thiết và có ý nghĩa quan trọng. Bài báo giới thiệu một số mô hình thí nghiệm trong phòng xác định cường độ chống cắt giữa hai lớp BTN, chế tạo thiết bị xác định cường độ chống cắt giữa hai lớp BTN có xét đến ảnh hưởng của áp lực pháp tuyến, đồng thời đưa ra một số kết quả bước đầu từ việc ứng dụng thiết bị chế tạo để xác định cường độ chống cắt trượt giữa các lớp BTN trên các mẫu thử trong phòng và mẫu khoan ngoài hiện trường.

TỪ KHÓA: Cường độ chống cắt giữa hai lớp, mặt đường bê tông nhựa, áp lực pháp tuyến, thiết bị cắt

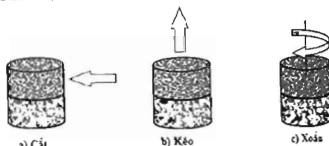
ABSTRACT: Shear deformation between layers of asphalt concrete is one of the basic causes of common damages and failures on asphalt pavement. Therefore, the study on shear strength is an urgent and important issue. The paper briefly introduces several shear strength tests in laboratory, manufacturing shear test device with normal load actuator supplying the normal pressure. At the same time, some initial results from the application of manufactured device to determine the interlayer shear strength on the prepared and cored samples

KEYWORDS: Interlayer shear strength, asphalt pavement, normal pressure, shear test device.

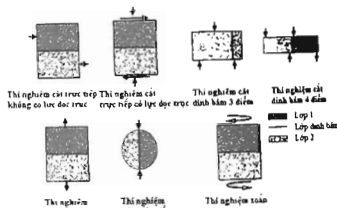
1. MỘT SỐ MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ CHỐNG CẮT GIỮA HAI LỚP BTN

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, khi dính bám giữa các lớp BTN không đảm bảo, mặt đường có nguy cơ cao bị phá hoại do cắt trượt, đặc biệt tại những vùng khí hậu nóng, khu vực thường xuyên chịu lực ngang lớn [8,11,12]. Từ những năm 1970 đến nay, nhiều mô hình và phương pháp thí nghiệm đã được nghiên cứu áp dụng để đánh giá ứng xử dính bám giữa hai lớp BTN từ 3 mô hình ứng xử cơ bản: Cắt, kéo và xoắn (Hình 1.1).

Trong đó, thí nghiệm kéo dính bám (thí nghiệm kéo dính bám trực tiếp và thí nghiệm kéo dính bám gián tiếp), thí nghiệm xoắn, thí nghiệm cắt (thí nghiệm cắt trực tiếp có hoặc không có lực dọc trục, thí nghiệm cắt dính bám 3 điểm hoặc 4 điểm) được mô tả trong Hình 1.2.



Hình 1.1: Các mô hình đánh giá ứng xử dính bám cơ bản



Hình 1.2: Các phương pháp thí nghiệm đánh giá ứng xử dính bám [10]

Trong các phương pháp thí nghiệm và thiết bị trong phòng để xác định cường độ chống cắt của lớp dính bám, các thí nghiệm cắt trực tiếp có hoặc không có lực dọc trục được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất. Các thí nghiệm kéo, xoắn, cắt ba điểm hoặc bốn điểm ít được sử dụng do thí nghiệm phức tạp và không sử dụng được cho tất cả các loại kết cấu BTN. Ví dụ, thí nghiệm kéo gián tiếp nói riêng hay thí nghiệm kéo nói chung không có khả năng để xác định cường độ chịu cắt lớp dính bám khi chiếu dầy lớp BTN lớn và không có khả năng xác định ảnh hưởng của sự chênh lệch giữa các hạt cốt liệu. Trong khi đó, thí nghiệm xoắn không thích hợp cho việc xác định cường độ chống cắt trong trường hợp lớp BTN có kết cấu yếu ví dụ như BTN rỗng.

Với nghiên cứu chi tiết về dính bám giữa hai lớp BTN, thí nghiệm cắt trực tiếp có lực dọc trục phù hợp hơn so với thí nghiệm cắt trực tiếp không có lực dọc trục do có xét đến áp lực thẳng đứng khi bánh xe chạy trên mặt đường. Nhược điểm nổi chung của thí nghiệm cắt trực tiếp là ứng suất cắt không đồng nhất trong quá trình cắt. Mặt khác, thí nghiệm cắt trực tiếp có lực dọc trục cũng ảnh hưởng đến ảnh hưởng của tải trọng lặp như trong thí nghiệm cắt động. Tuy nhiên, thí nghiệm cắt động tiến hành phức tạp, trong khi đó thí nghiệm cắt trực tiếp có lực dọc trục cho phép xác định được cường độ chịu cắt của lớp dính bám một cách nhanh chóng, đơn giản và thuận tiện. Mẫu thử có thể được khoan từ hiện trường hoặc được chế bị trong phòng thí nghiệm. Thiết bị thí nghiệm Marshall hoặc thiết bị thí nghiệm CBR có thể được tận dụng để tạo ra một lực cắt tập trung không đổi để tạo ra một tốc độ chuyển vị cắt không đổi tại lớp dính bám. Bộ phận tạo ra áp lực pháp tuyến duy trì không đổi trong suốt quá trình thí nghiệm có thể dùng xi-lanh khí nén hoặc xi-lanh thủy lực. Do vậy, phương pháp thí nghiệm cắt trực tiếp có lực dọc trục được xem như phương pháp thí nghiệm thích hợp và cơ bản cho các phương pháp thí nghiệm xác định cường độ chống cắt giữa hai lớp BTN.

Hiện nay, để mô phỏng điều kiện làm việc thực tế của mặt đường, đồng thời đánh giá những ảnh hưởng của ma sát do kết cấu bề mặt và do chất lượng lớp dính bám tạo ra, mô hình cắt trượt có xét thêm áp lực pháp tuyến được sử dụng trong nhiều nghiên cứu như thiết bị ASTRA (Ancona Shear Testing Research and Analysis), LISST (Louisiana Interlayer Shear Strength Tester), NCAT Bonding device... Trong đó, thí nghiệm ASTRA được sử dụng trong tiêu chuẩn của Ý UNI/TS 11214 [7], NCAT được sử dụng trong tiêu chuẩn của ALDOT-430 [6]. LISST được Hiệp hội Xây dựng mặt đường và Vận tải Hoa Kỳ biên soạn thành Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15 [5].

Ở Việt Nam, đã có một số tài liệu nghiên cứu về khả năng chịu cắt trượt giữa các lớp BTN trên thiết bị cắt không có lực dọc trục như Leutner (Nguyễn Quang Phúc) [4], Leutner cải tiến (Đào Văn Đông [1], Nguyễn Ngọc Lân [3]) và thiết bị cắt động (Hoàng Tung) [2]... Tuy nhiên, hiện nay tại Việt Nam chưa có nghiên cứu nào liên quan đến khả năng chịu cắt trượt giữa hai lớp BTN thực hiện trên thiết bị cắt có lực dọc trục. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã thiết kế, chế tạo thiết bị cắt có lực dọc trục theo mô hình thiết bị cắt LISST đáp ứng Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15. Thiết bị chế tạo được đã được sử dụng cho thí nghiệm và đạt kết quả tốt.

2. CHẾ TẠO THIẾT BỊ XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ CHỐNG CẮT GIỮA HAI LỚP BTN CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP LỰC PHÁP TUYẾN

Thiết bị được chế tạo bao gồm hai phần chính là bộ khung cắt làm bằng hợp kim nhôm (bao bởi một khung cắt và một khung phản lực) và bộ phận xi-lanh khí nén tạo áp lực pháp tuyến. Trong đó, chỉ có khung cắt được phép di chuyển, còn khung phản lực là cố định, bộ phận tạo áp lực pháp tuyến có thể tháo rời trong trường hợp cắt thuận tùy không có áp lực pháp tuyến. Kích thước khung tải chế tạo theo khuyến cáo là 304.8mm (12 in). Khoảng

cách giữa các khung tải và khung phản lực là 12.7mm (1/2 in). Mẫu hình trụ được đặt cố định bên trong vòng đai giữa khung cắt và khung phản lực, sau đó tiến hành gia tải cho các khung cắt. Tầng dẫn tải trong thẳng đứng cho đến khi xảy ra phá hoại cắt giữa các lớp. Thiết bị sử dụng cho việc thí nghiệm cường độ chịu cắt giữa các lớp được thiết kế sao cho thích hợp với hầu hết các máy thí nghiệm cơ, có sức chịu tải tuyến tính gần như không ma sát nhằm duy trì chuyển động theo chiều dọc, có các cảm biến đo theo chiều chuyển vị thẳng đứng và nằm ngang.

Cơ chế của thí nghiệm này là tác dụng đồng thời hai lực, gồm lực cắt theo phương thẳng đứng và lực dọc trục (lực pháp tuyến) theo phương ngang. Trong đó, lực cắt là lực tập trung không đổi tạo ra một tốc độ chuyển vị cắt không đổi tại mặt tiếp xúc giữa hai lớp BTN. Tốc độ chuyển vị cắt theo Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15 là 2.54 mm/phút [5]. Vì vậy, thiết bị thí nghiệm Marshall hoặc thiết bị thí nghiệm CBR có thể được sử dụng để gia tải cho thiết bị cắt. Thiết bị gia tải phải có khả năng đáp ứng các yêu cầu tối thiểu quy định trong Bảng 2.1. Thiết bị chế tạo được gắn kèm với các cảm biến lực và cảm biến chuyển vị, tích hợp với máy Marshall tự động (đều đã được kiểm định và hiệu chuẩn) của Trung tâm Thí nghiệm Đường bộ cao tốc - Trường Đại học Công nghệ GTVT.

Bảng 2.1. Yêu cầu tối thiểu cho thiết bị gia tải thí nghiệm [5]

Cấu tạo	Phạm vi	Độ chính xác (%)
Lực, N	0-250007	±1.0
Cảm biến biến áp áp suất phản lực, mm	0-150	±0.5
Cảm biến biến áp áp suất theo chiều dọc, ngang, mm	0-2	±0.5

Mặt khác, áp lực pháp tuyến được tạo ra từ xi-lanh nén khí được kiểm soát bằng đồng hồ đo áp lực khí nén và duy trì lên mẫu thí nghiệm với độ lớn không đổi. Trong Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15 [5] quy định về máy nén khí có khả năng cung cấp áp lực pháp tuyến tối thiểu 0.276MPa với công suất 0.212m³ mỗi phút để vận hành thiết bị truyền động khí nén áp lực pháp tuyến. Với thiết bị chế tạo, sử dụng máy nén khí có gắn đồng hồ đo khí nén cung cấp cho xi-lanh với áp lực thay đổi từ 0 đến 01MPa.

Thí nghiệm được thực hiện với mẫu thử hình trụ đường kính 150mm hoặc 100mm được tạo thành từ ít nhất hai lớp BTN. Trong Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15 [5] không yêu cầu về chiều dày tối thiểu cho lớp trên và lớp dưới. Mẫu thử có thể được khoan từ hiện trường hoặc được chế bị trong phòng thí nghiệm. Mẫu thí nghiệm được giữ ở nhiệt độ phù hợp tối thiểu là 02 giờ. Mẫu được đặt sao cho vị trí ranh giới giữa hai lớp nằm giữa khoảng trống giữa hai lưới cắt. Thiết bị được đặt lên một máy gia tải, sau đó tiến hành gia tải với tốc độ chuyển vị phù hợp lên mẫu thử cho đến khi mẫu bị phá hoại. Khi giá trị lực cuối cùng tác dụng lên mẫu P_u và các giá trị biến dạng. Tính toán cường độ chịu cắt giữa các lớp như sau:

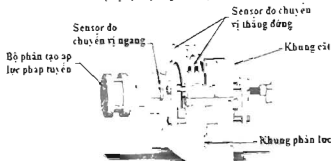
$$r = \frac{P}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

Trong đó:

- r - Cường độ chịu cắt giữa các lớp, Pa;
- P_u - Lực phá hoại lớn nhất tác dụng lên mẫu, N;
- D - Đường kính mẫu, m.



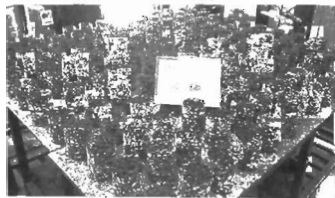
Hình 2.1: Thiết bị thí nghiệm cắt trượt giữa hai lớp BTAP có xét đến áp lực pháp tuyến được chế tạo



Hình 2.2: Thiết bị thí nghiệm LISST [5]

3. KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ CẮT TRÊN THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM CẮT TRƯỢT GIỮA HAI LỚP BTN CÓ XÉT ĐẾN ÁP LỰC PHÁP TUYẾN

Thí nghiệm cường độ cắt được thực hiện trên thiết bị cắt trượt có lực dọc trục đã chế tạo cho 480 mẫu thí nghiệm trong phòng và 148 mẫu hiện trường với đường kính mẫu 100mm (Hình 3.1 - 3.4). Kết quả thí nghiệm cường độ chịu cắt xác định bằng thiết bị chế tạo được so sánh với kết quả của dự án NCHRP 09-40 [9] thực hiện trên thiết bị LISST ở cùng tuổi dinh bầm CRS-1, thí nghiệm ở nhiệt độ 25°C và cùng các cấp áp lực pháp tuyến (0 và 0.138MPa) thể hiện trong Bảng 3.1. Mặc dù các điều kiện thí nghiệm chi tiết trong hai nghiên cứu là khác nhau (ti lệ tuổi dinh bầm, cấp phối, điều kiện lớp dưới, bề mặt lớp tiếp xúc), tuy nhiên giá trị thu được của nghiên cứu này (0.16 - 0.42MPa) vẫn nằm trong khoảng giá trị của dự án NCHRP 09-40 (0.069 - 0.485 MPa) [9]



Hình 3.1: Mẫu thí nghiệm trong phòng

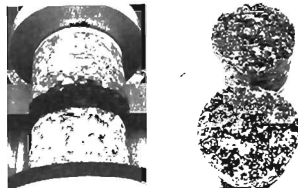
MẪU HIỆN TRƯỜNG
M10-1A



Hình 3.2: Mẫu khoan hiện trường



Hình 3.3: Thí nghiệm xác định cường độ ISS



Hình 3.4: Mẫu sau thí nghiệm

Bảng 3.1. Kết quả cường độ cắt

Loại mẫu	Áp lực (MPa)	Cường độ chống cắt xác định bằng thiết bị chế tạo (MPa)	Cường độ chống cắt xác định bằng thiết bị LISST (MPa) [9]
Mẫu trong phòng	0	0.25 - 0.33	0.075 - 0.381
Mẫu hiện trường	0.138	0.33 - 0.42	0.216 - 0.485
Mẫu trong phòng	0	0.16 - 0.27	0.069 - 0.258
Mẫu hiện trường	0.138	0.28 - 0.37	0.106 - 0.359

Kết quả hệ số phân tán của các thí nghiệm trên thiết bị chế tạo được so sánh với hệ số phân tán của dự án NCHRP 09-40 thực hiện trên thiết bị LISST [9] thể hiện trong Bảng 3.2. Mức độ phân tán của mẫu thí nghiệm trong phòng và mẫu khoan ngoài hiện trường sử dụng thiết bị tự chế tạo thấp hơn so với kết quả mẫu thí nghiệm trên thiết bị LISST. Trong cả hai nghiên cứu, hệ số phân tán C_v của mẫu khoan hiện trường cao hơn nhiều so với mẫu chế bị trong phòng thí nghiệm. Điều đó được lý giải do mức độ phân tán C_v thể hiện độ đồng đều trong chất lượng thi công. Khi thi công ngoài hiện trường rất khó quản lý chất lượng và đảm bảo đồng đều trên toàn bộ đoạn tuyến dài do các nguyên nhân như mức độ tuổi dinh bầm (tuổi không đều), bề mặt tuổi dinh bầm (có đoạn khô sạch, nhám hay có đoạn bẩn, ướt, mịn...) và do sự thay đổi của thời tiết...

Bảng 3.2. Kết quả hệ số phân tán của kết quả thí nghiệm

Loại mẫu	Thí nghiệm tự chế tạo		Thí nghiệm LISST [9]	
	Số lượng	Hệ số phân tán C_v (%)	Số lượng	Hệ số phân tán C_v (%)
Mẫu thí nghiệm trong phòng	480	14.3 - 10.7	160	33.16%
Mẫu khoan hiện trường	148	10.61 - 11.03	148	31.31%

Ngoài ra, thiết bị chế tạo đã dùng để thí nghiệm xác định cường độ chịu cắt trượt giữa hai lớp BTN cũng được thực hiện cho dự án thực tế đường sân bay New Jarkarta, Indonesia. Với cấp phối cốt liệu và bột khoáng được tròn sẵn do nhà thầu, tư vấn giám sát và nhà phân phối nhựa mang từ Indonesia sang. Mẫu thí nghiệm

được chế bị tại Phòng Thí nghiệm Trường Đại học Công nghệ GTVT sử dụng nhũ tương polymer và nhựa đường do Công ty PT Nhựa Bangun Sarana cung cấp nhằm để đánh giá tỉ lệ tưới dính bám 0.4 và 0.6 lít/m². Kết quả thí nghiệm thu được từ 6 mẫu thử đường kính 100mm cho độ phân tán từ 1.26% đến 3.42%.

Qua mức độ phân tán của kết quả thí nghiệm với mẫu nghiên cứu và mẫu của dự án thực tế cho thấy, thiết bị cắt có lực dọc trục được chế tạo cho kết quả đánh giá bước đầu là hoạt động tốt, ổn định. Thiết bị được chế bị đảm bảo đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật để cấp theo Tiêu chuẩn AASHTO TP114-15 [5]. Do đó, thiết bị hoàn toàn có thể sử dụng để thực hiện các thí nghiệm liên quan đến xác định cường độ cắt giữa các lớp BTN.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Mô hình thí nghiệm LISST và Tiêu chuẩn AASHTO TP 114-15 để thí nghiệm đánh giá cường độ cắt trượt giữa hai lớp BTN là hợp lý;

- Thiết bị thí nghiệm cắt phẳng có xét đến ảnh hưởng của áp lực pháp tuyến đã được thiết kế, chế tạo theo mô hình LISST phù hợp với tiêu chuẩn thí nghiệm hiện hành;

- Mức độ phân tán của kết quả thí nghiệm với mẫu nghiên cứu và mẫu của dự án thực tế cho thấy thiết bị cắt có lực dọc trục được chế tạo cho kết quả hoạt động tốt, ổn định;

- Thiết bị hoàn toàn có thể sử dụng để thực hiện các thí nghiệm liên quan đến xác định cường độ chống cắt giữa các lớp BTN;

- Cần tiếp tục thí nghiệm với loại mẫu có đường kính 150mm để đánh giá độ ổn định của thiết bị khi thí nghiệm.

Tài liệu tham khảo

[1]. Đào Văn Đông (2016), *Nghiên cứu đánh giá sức kháng cắt trượt của các lớp bê tông asphalt trong kết cấu áo đường mềm ở Việt Nam*, Đề tài DT154013 cấp Bộ GTVT.

[2]. Hoàng Tùng (2017), *Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cắt của BTN phục vụ cho việc nâng cao chất lượng mặt đường phù hợp với những tuyến đường có lưu lượng lớn*, Đề tài DT164057 cấp Bộ GTVT.

[3]. Nguyễn Ngọc Lân (2016), Luận án Tiến sĩ "Nghiên cứu ứng xử dính bám và đề xuất giới hạn cường độ dính bám giữa hai lớp bê tông asphalt trong kết cấu mặt đường mềm ở Việt Nam", Trường Đại học GTVT.

[4]. Nguyễn Quang Phúc, Trần Nam Hưng (2010), *Nghiên cứu cường độ dính bám giữa các lớp bê tông asphalt trong kết cấu áo đường mềm*, Tạp chí GTVT, số tháng 10, tr.33-41.

[5]. AASHTO TP114-15, *Tiêu chuẩn xác định cường độ chịu cắt trượt giữa các lớp*.

[6]. ALDOT-430, *Standard test method for determining the bond strength between layers of an asphalt pavement*. ALDOT Procedures.

[7]. UNI/TS 11214, *Metodo di prova ASTRA per la*

caratterizzazione prestazionale delle interfacce nelle sovrastrutture stradali.

[8]. Collop AC and Thom NH (2002), *The importance of bond between pavement layers*, Final Summary Report, School of Civil Engineering, University of Nottingham, Nottingham, UK.

[9]. Mohammad L et al. (2005), *NCHRP 09-40. Optimization of Tack Coat for HMA Placement*, Louisiana Transportation Research Center.

[10]. Muslich, Sutanto (2010), *Assessment of bond between asphalt layers*, PhD thesis, University of Nottingham.

[11]. Pos JK (2001), *Effects on bond between pavement layers*, Project Report, The University of Nottingham, Nottingham, UK.

[12]. Raad C and Partl MN (2004), *Effect of tack coats on interlayer shear bond of pavements*, Proceeding of the 8th Conference on Asphalt Pavement for Southern Africa, Sun City, South Africa.

Ngày nhận bài: 01/3/2019

Ngày chấp nhận đăng: 19/3/2019

Người phản biện: TS. Nguyễn Ngọc Lân

PGS. TS. Nguyễn Thị Bích Thủy