

**PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH VÀ ĐỘ DẸO MARSHALL
CỦA BÊ TÔNG NHỰA Ở VIỆT NAM**
**ANALYZE THE ELEMENTS AFFECTING MARSHALL STABILITY AND FLOW OF
ASPHALT IN VIET NAM**

PGS.TS. Nguyễn Văn Hùng,
TS. Nguyễn Quang Phúc,
Th.S Lương Xuân Chiêu, Trường Đại học Giao thông Vận tải.
KS. Nguyễn Thanh Phong, Công ty Cổ phần UTC2.
KS. Đỗ Quang Tường, Công ty CP Đầu tư XDGT Sài Gòn.

***Tóm tắt:** Phương pháp Marshall thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông nhựa có ưu điểm là thí nghiệm đơn giản nên được áp dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Độ ổn định và độ dẻo Marshall là 2 chỉ tiêu rất quan trọng để đánh giá chất lượng bê tông nhựa, là cơ sở để thiết kế, thi công nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa. Bài báo phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến độ ổn định và độ dẻo, các đề xuất nhằm chuẩn hóa phương pháp xác định và đánh giá độ dẻo của bê tông nhựa ở Việt Nam.*

Summary: The advantage of Marshall method of designing asphalt mixture component is simple testing thus it is applied widely in the world as well as Viet Nam. The Marshall stability and flow are two important criteria to evaluate the quality of asphalt, it is the basis to design, construct and inspect the asphalt pavements. The article analyzed the elements which affect the stability and flow, and proposals in order to standardize methods to identify and evaluate the flow of asphalt in Viet Nam.

Keywords: *Độ dẻo; độ ổn định; Phương pháp Marshall; bê tông nhựa; Việt Nam*

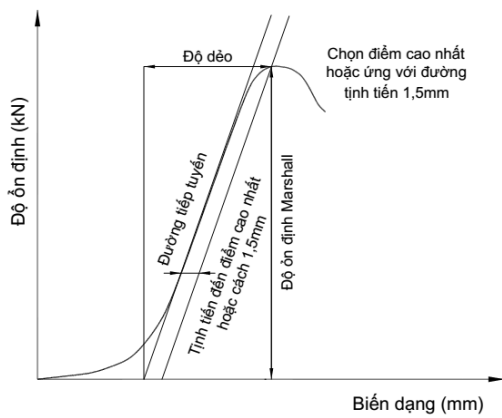
1. Đặt vấn đề

Phương pháp Marshall thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông nhựa (BTN) đã đánh giá được các đặc trưng về thể tích và cơ học của hỗn hợp bê tông nhựa và là phương pháp thí nghiệm đơn giản, nên đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở Việt Nam. Tuy nhiên trong quá trình thí nghiệm, phương pháp này đã cho thấy một số tồn tại về xác định giá trị của độ ổn định và độ dẻo, cần được khắc phục. Độ ổn định, độ dẻo Marshall của mẫu chế bị và mẫu khoan hiện trường bị ảnh hưởng rất lớn bởi kích thước mẫu (đường kính, chiều cao, độ gồ ghề mẫu), loại máy thí nghiệm, thí nghiệm viên,... Bài báo phân tích các yếu tố chính ảnh hưởng đến độ ổn định và độ dẻo khi thí nghiệm Marshall, để chuẩn hóa phương pháp xác định và đánh giá độ dẻo của bê tông nhựa ở Việt Nam.

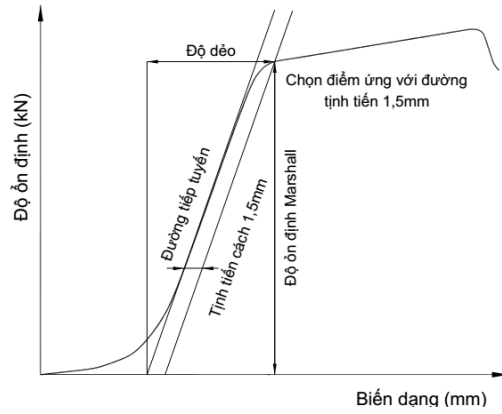
2. Cách xác định độ ổn định và độ dẻo khi thí nghiệm Marshall

Hiện nay, theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8860-1:2011 “Bê tông nhựa – phương pháp thử. Phần 1: xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall” [1], độ ổn định là giá trị lực nén lớn nhất đạt được khi thử nghiệm mẫu BTN chuẩn trên máy nén Marshall; độ dẻo là biến dạng của mẫu BTN trên máy nén Marshall tại thời điểm xác định độ ổn định Marshall.

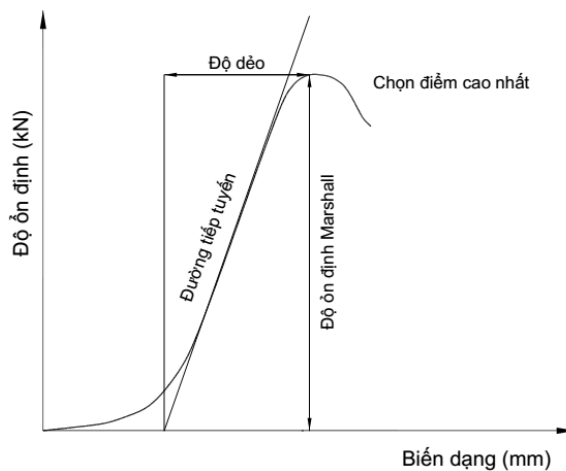
Đối với tiêu chuẩn của Mỹ ASTM và AASHTO [2, 3], độ ổn định và độ dẻo được xác định cho 2 trường hợp: có điểm cực trị rõ ràng (hình 1) và không có điểm cực trị (hình 2).



Hình 1: Xác định độ dẻo Marshall khi có điểm cực trị rõ ràng theo ASTM D6927-15



Hình 2: Xác định độ dẻo Marshall khi không có điểm cực trị theo ASTM D6927-15



Hình 3. Xác định độ dẻo Marshall theo tiêu chuẩn châu Âu EN 12697-34

Tiêu chuẩn của châu Âu EN12697-34 [4] cũng quy định, xác định độ dẻo và độ ổn định như tiêu chuẩn ASTM D6927-2006 (hình 3). Trong các tiêu chuẩn này, độ dẻo không lấy từ gốc “0” mà lấy từ giao giữa đường tiếp tuyến và trục hoành (trừ đi đoạn tiếp xúc). Điểm cuối xác định độ ổn định và độ dẻo là điểm cực trị hoặc giao giữa đường tiếp tuyến tịnh tiến 1,5mm (6 x 0,01 in) khi không có cực trị rõ ràng.

Như vậy, theo các tiêu chuẩn trên, phải vẽ biểu đồ quan hệ giữa độ ổn định và biến dạng để xác định độ dẻo; và độ dẻo phải được trừ đi giai đoạn đầu tiếp xúc lực nén. Tuy nhiên, không phải lúc nào cũng xác định được điểm cao nhất và đoạn tiếp xúc, chỉ các máy nén Marshall điện tử, mới tự động vẽ được đường cong xác định chính xác được độ dẻo và độ ổn định Marshall.

Đối với mẫu khoan hiện trường, mục 3.1.7 của tiêu chuẩn ASTM D6927-06 [2] và mục 4.1.7 của ASTM D6927-2015 cũng khuyến cáo không nên dùng độ ổn định và độ dẻo của mẫu khoan để so sánh với mẫu đúc hoặc đánh giá chất lượng thi công bê tông nhựa. Theo quy định điều 9.6.6 của TCVN8819-2011 [1] thì đối với mẫu khoan BTN độ ổn định Marshall phải $\geq 75\%$ giá trị độ ổn định quy định. Độ dẻo, độ rỗng dư xác định từ mẫu khoan phải nằm trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên, trên thực tế các mẫu khoan kiểm định đa số có độ dẻo vượt quá giới hạn cho phép 2-4mm [5]. Do có thể mẫu khoan BTN có đường kính thường nhỏ hơn 100mm lại bị cong vênh, các máy thí nghiệm lại không trừ được giai đoạn đầu khuôn tiếp xúc với mẫu. Đồng thời đã tiến hành nghiên cứu mối quan hệ giữa độ dẻo và trị số hần lún bánh xe mẫu BTN (cho 30 mẫu khoan hiện trường và 30 mẫu đúc trong phòng) cho thấy không có mối tương quan rõ ràng giữa độ dẻo và trị số vệt hần bánh xe. Vì vậy, nên bỏ yêu cầu xác định độ dẻo với mẫu khoan hiện trường để nghiệm thu chất lượng BTN.

Trường hợp mẫu có chiều cao khác 63,5mm (chiều cao của mẫu chuẩn) thì hiện nay cả 3 tiêu chuẩn trên chỉ đưa vào hệ số hiệu chỉnh cho độ ổn định Marshall, còn độ dẻo thì chưa đề cập đến hệ số hiệu chỉnh.

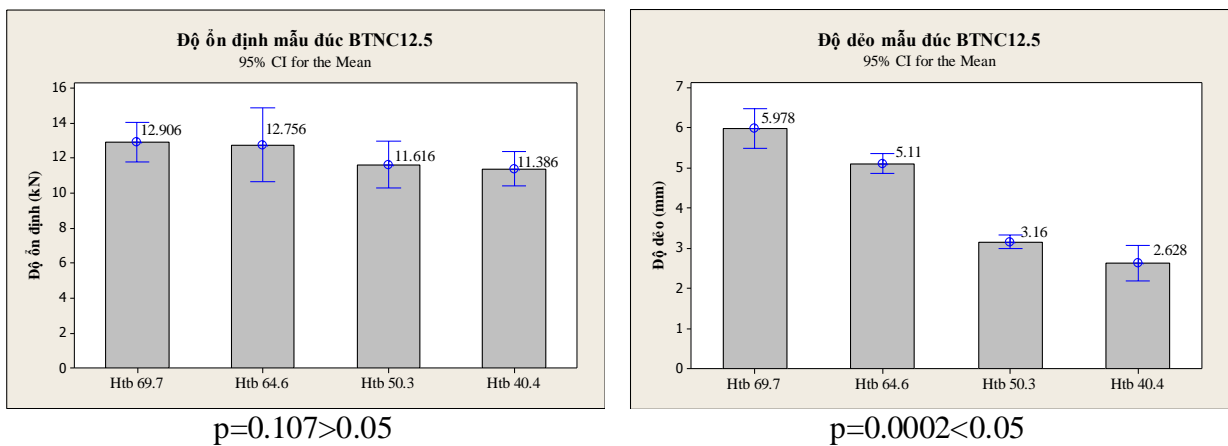
3. Phân tích các kết quả nghiên cứu thực nghiệm:

Trên cơ sở các phân tích trên, tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm tại 2 Phòng thí nghiệm trọng điểm Cienco 4 - Trường Đại học GTVT (Hà Nội) và Phòng thí nghiệm trọng điểm đường bộ, môi trường và an toàn giao thông - Trường Đại học GTVT (Cơ sở 2, Tp.HCM). Thí nghiệm trên các máy Marshall hiện đại, vẽ được biểu đồ quan hệ lực và biến dạng. Khoảng tin cậy nghiên cứu 95%. Sử dụng phần mềm MiniTAB phân tích thống kê.

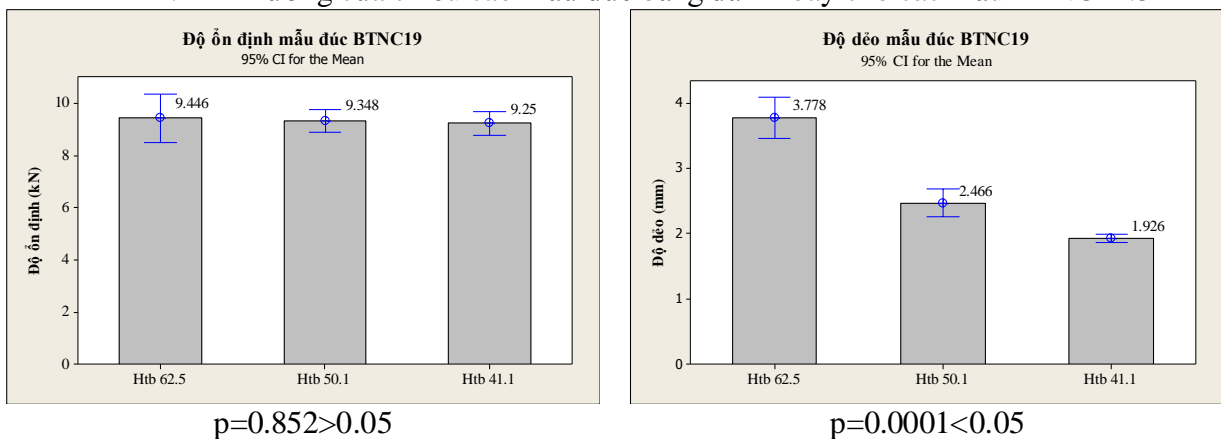
3.1. Ảnh hưởng của chiều cao mẫu đến độ ổn định và độ dẻo Marshall

3.1.1. Mẫu chế bị trong phòng bằng đầm xoay

Để đảm bảo tiến hành chính xác, với mẫu chế bị trong phòng, mỗi cấp phối thực hiện được chế bị các tổ mẫu với cùng chiều cao, khối lượng thể tích và hàm lượng nhựa. Sau đó, dùng máy cát gia công (cát) để được các tổ mẫu có chiều cao khác nhau và đưa vào thí nghiệm. Phương pháp chế bị: Đầm xoay. Số lượng mẫu: 59 mẫu.



Hình 4: Ảnh hưởng của chiều cao mẫu đúc bằng đầm xoay cho các mẫu BTNC12.5



Hình 5: Ảnh hưởng của chiều cao mẫu đúc bằng đầm xoay cho các mẫu BTNC19

Ghi chú: Htb: chiều cao trung bình nhóm mẫu thí nghiệm (mm)

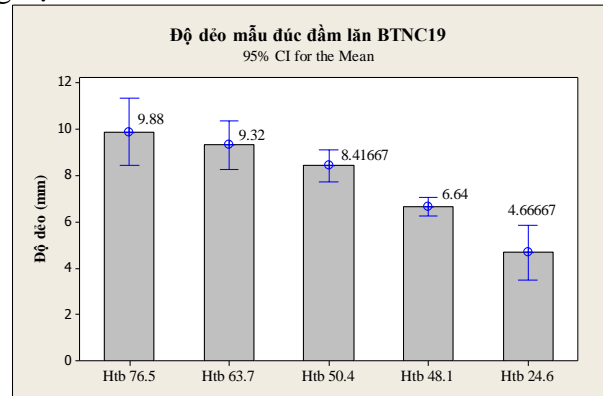
Hình 4, hình 5 là kết quả phân tích ảnh hưởng của chiều cao mẫu đến độ ổn định và độ dẻo Marshall với BTNC12.5 và BTNC19. Hệ số $p < 0.05$ thì sự sai khác giá trị trung bình có ý nghĩa thống kê và $p > 0.05$ không có ý nghĩa thống kê.

Kết quả thống kê cho thấy, khi chiều cao mẫu thay đổi thì độ ổn định sau khi đã nhân với hệ số điều chỉnh không khác biệt (mức ý nghĩa 5%) nhưng độ dẻo vì không có hệ số điều chỉnh nên đã có khác biệt lớn, chiều cao mẫu càng tăng thì độ dẻo càng tăng.

3.1.2. Mẫu chế bị trong phòng bằng đầm lăn

Mẫu BTN được chế bị bằng đầm lăn đảm bảo các mẫu có cùng cấp phối, hàm lượng nhựa, chiều cao, độ rỗng và khối lượng thể tích. Sau đó, dùng máy cắt gia công (khoan, cắt) để được các tổ mẫu có chiều cao khác nhau và thí nghiệm.

Hình 6 là kết quả phân tích ảnh hưởng của chiều cao mẫu đúc bằng đầm lăn của BTNC19 đến độ dẻo. Cũng như kết quả thí nghiệm với mẫu chế bị bằng đầm xoay, khi chiều cao mẫu tăng thì độ dẻo cũng tăng lên với hệ số $p < 0.05$.

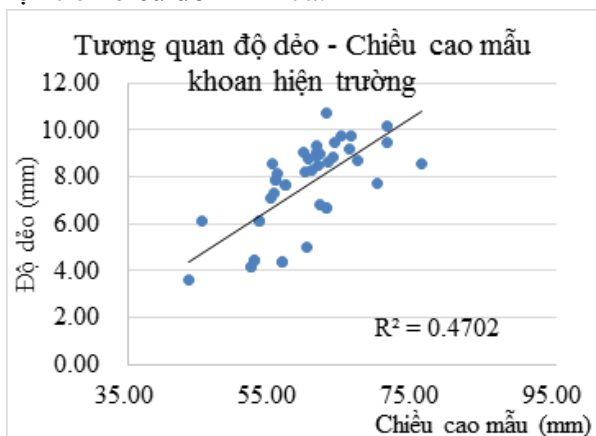


$p=0.004 < 0.05$

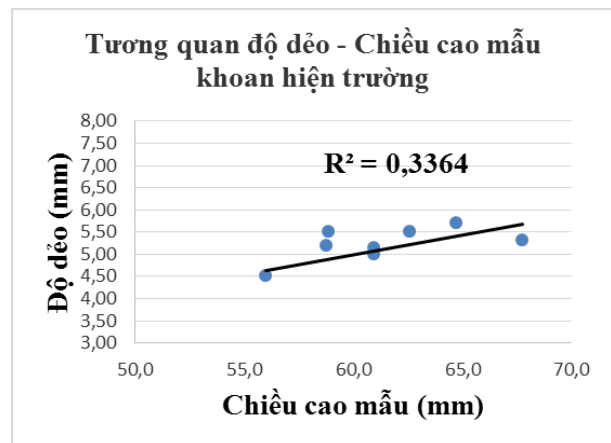
Hình 6: Ảnh hưởng của chiều cao mẫu BTNC19 đúc bằng đầm lăn

3.1.3. Mẫu khoan hiện trường

Nghiên cứu tập hợp 43 mẫu khoan hiện trường từ các dự án: Công trình: QL1- Tuyến Tránh Thành phố Biên Hòa, DA Cầu ĐN mới - HM 4 nút giao, Nâng cấp QL20,... Kết quả thể hiện trên biểu đồ Hình 7a.



a) Mẫu khoan thu thập từ các dự án



b) Mẫu khoan hiện trường

Hình 7: Ảnh hưởng của chiều cao mẫu khoan hiện trường đến độ dẻo

Nghiên cứu cũng tiến hành khoan 9 mẫu hiện trường dự án đường Nguyễn Duy Trinh và Xa lộ Hà Nội Tp.HCM), nhóm 3 mẫu tại cùng vị trí có điều kiện tương đồng và thí nghiệm Marshall mẫu hiện trường kết quả độ dẻo như Hình 7b.

Phân tích kết quả thí nghiệm hiện trường cũng cho thấy, khi chiều cao mẫu tăng thì độ dẻo cũng tăng.

3.2. Ảnh hưởng của đường kính mẫu đến độ ổn định và độ dẻo Marshall

Nghiên cứu với 2 cấp phối BTNC19 và BTNC12.5 theo đường bao cấp phối của Quyết định số 858/QĐ-BGTVT. Mỗi cấp phối thực hiện chế bị các tổ mẫu với cùng chiều cao và khối lượng thể tích (cùng độ rỗng) nhưng có đường kính mẫu là khác nhau:

+ Loại 1: Mẫu có đường kính chuẩn $D = 101$ (mm): được chế bị bằng phương pháp đúc Marshall thông thường.

+ Loại 2: Mẫu có đường kính nhỏ hơn $D = 93$ (mm): được khoan từ mẫu bê tông nhựa đường kính $D = 150$ mm (được chế bị bằng thiết bị đầm xoay sao cho có cùng khối lượng thể tích và chiều cao giống với mẫu loại 1).

Một số thông tin về mẫu nghiên cứu:

❖ *Hàm lượng nhựa:*

- ✓ BTNC19: 4.2% theo hỗn hợp
- ✓ BTNC12,5: 4,4% theo hỗn hợp

❖ *Nguồn gốc vật liệu sử dụng:*

- ✓ Đá: Mỏ đá Hải Phú - Xã Thanh Nghị - Huyện Thanh Liêm - Hà Nam
- ✓ Bột khoáng: Mỏ đá Kiện Khê - Phủ Lý - Hà Nam
- ✓ Nhựa: Nhựa đường 60/70 Shell – Singapore

Bảng 1: Ảnh hưởng của đường kính mẫu đến độ ổn định và độ dẻo Marshall

Loại mẫu	Mẫu số	Đường kính mẫu D (mm)	Chiều cao mẫu (mm)	Độ ổn định Marshall (kN) (đã hiệu chỉnh)	Độ dẻo Marshall (mm)
1. Cấp phối BTNC12.5					
Loại 1 (Mẫu Marshall)	1	101.1	64.7	12.59	2.56
	2	101.1	65.3	13.35	2.21
	3	101.0	63.7	13.48	2.61
	4	101.2	62.6	14.78	1.70
	5	101.0	64.0	14.51	2.27
	6	101.3	63.7	13.67	1.66
	Trung bình	101.12	64.00	13.73	2.17
Loại 2 (Mẫu khoan từ mẫu đầm xoay)	1	93.3	63.71	5.96	5.89
	2	93.1	63.58	6.87	6.34
	3	93.5	63.73	7.25	7.00
	4	93.5	63.94	7.41	6.79
	5	92.4	63.72	6.78	7.67
	6	93.3	63.51	7.15	8.05
	Trung bình	93.18	63.70	6.90	6.96
2. Cấp phối BTNC19					
Loại 1 (Mẫu Marshall)	1	101.2	62.57	10.62	3.96
	2	101.1	63.34	8.93	4.14
	3	101.4	63.07	8.67	3.54
	4	101	62.93	9.25	2.67
	5	101.2	63.14	11.42	4.02
	Trung bình	101.18	62.99	9.78	3.67
Loại 2 (Mẫu khoan từ mẫu đầm xoay)	1	93.4	63.77	5.36	5.67
	2	93	64.63	4.88	6.62
	3	93.4	63.40	5.38	5.77
	4	93	65.23	5.37	5.73
	5	93	63.81	5.93	6.44
	Trung bình	93.16	64.17	5.38	6.05

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, đường kính mẫu Marshall có ảnh hưởng rõ rệt đến độ ổn định và độ dẻo Marshall. Khi đường kính mẫu giảm so với mẫu chuẩn 8.5% (93mm so với 101.6mm của mẫu chuẩn) thì độ ổn định giảm (khoảng ~50% độ ổn định mẫu chuẩn), độ dẻo cao hơn gấp 2 đến 3 lần so với độ dẻo của mẫu có kích thước chuẩn.

Để xem xét ảnh hưởng của việc khoan mẫu sẽ tạo các đường rãnh, ảnh hưởng tiết diện của mẫu, nhóm tác giả đã sử dụng thạch cao trám kín bề mặt tiếp xúc của mẫu khoan và bộ phận nén mẫu của máy thí nghiệm (6 mẫu khoan không xử lý, 6 mẫu xử lý bằng thạch cao). Kết quả: chênh lệch về độ ổn định là 3%, độ dẻo là 0%, như vậy bề mặt mẫu ít ảnh hưởng tới kết quả độ ổn định và độ dẻo Marshall.

3.3. Ảnh hưởng của thiết bị thí nghiệm và công tác đọc kết quả đo biến dạng mẫu của các thí nghiệm viên đến kết quả độ ổn định và độ dẻo Marshall

Thiết bị thí nghiệm có ảnh hưởng nhiều đến kết quả. Điều 4.1.1 của tiêu chuẩn ASTM D6927-15 khuyến cáo sử dụng phương pháp B bằng thiết bị điện tử tự động thay cho phương pháp truyền thống A bằng thiết bị cơ.

Nhóm nghiên cứu thực hiện thí nghiệm với nhiều tổ hợp mẫu, với nhiều thí nghiệm viên có kinh nghiệm khác nhau trên nhiều loại máy thí nghiệm (máy điện tử và máy cơ), nhiều bộ gá mẫu kết quả cho thấy:

- Với các máy thí nghiệm Marshall điện tử cho kết quả chụm hơn rõ rệt so với máy cơ và ảnh hưởng bởi thí nghiệm viên là không đáng kể đến kết quả thí nghiệm;
- Với các máy thí nghiệm Marshall cơ học, ảnh hưởng bởi việc đọc kết quả biến dạng của mẫu thí nghiệm của thí nghiệm viên là rất đáng kể (do **tốc độ quay của kim trên đồng hồ bách phân kể trong 1 giây là rất lớn, khoảng 85 vạch/giây**) đến kết quả thí nghiệm (bảng 2).

Bảng 2. Ảnh hưởng của việc đọc trị số biến dạng của mẫu thí nghiệm của thí nghiệm viên

Nội dung	Kết quả thí nghiệm độ dẻo Marshall (mm)			
	Thí nghiệm viên 1	Thí nghiệm viên 2	Thí nghiệm viên 3	Sau khi quay phim và đọc kết quả trên phim
Mẫu 1	9.40	9.45	9.40	9.45
Mẫu 2	9.90	11.10	10.20	11.40
Mẫu 3	10.20	10.20	10.20	10.30

- Mẫu có đường kính lớn hơn có kết quả ổn định Marshall cao hơn và đều hơn, độ dẻo nhỏ hơn;
- Độ dẻo của mẫu khoan cao hơn nhiều so với mẫu đúc;
- Ảnh hưởng của bề mặt mẫu do lưỡi khoan không đáng kể đến độ ổn định và độ dẻo.

4. Kết luận – Kiến nghị:

Từ các kết quả thí nghiệm bước đầu cho thấy:

- Chiều cao mẫu càng lớn, trị số độ dẻo Marshall có xu hướng càng lớn;
- Đường kính mẫu càng nhỏ, trị số độ dẻo Marshall càng lớn; Cùng đường kính mẫu, bề mặt mẫu ít ảnh hưởng tới kết quả độ ổn định và độ dẻo Marshall;
- Các thiết bị thí nghiệm Marshall khác nhau cho kết quả độ dẻo Marshall khác nhau, thiết bị hiện đại (Humboldt – Mỹ) cho kết quả có biến động nhỏ hơn thiết bị cơ học;
- Nhận định của các thí nghiệm viên khi thực hiện trên cùng một mẫu cho kết quả độ dẻo Marshall khác biệt đối với máy nén Marshall cơ học.

Các kiến nghị:

- Nên sử dụng máy nén Marshall hiện đại (điện tử), vẽ được biểu đồ quan hệ lực – biến dạng để thí nghiệm độ ổn định, độ dẻo Marshall thay cho các máy cơ dùng vòng lực và đồng hồ biến dạng bách phân kể do thí nghiệm viên đọc kết quả trực tiếp;
- Thống nhất sử dụng định nghĩa độ dẻo Marshall theo ASTM D6927 khi thí nghiệm;
- Bổ yêu cầu xác định độ dẻo Marshall của mẫu khoan hiện trường làm chỉ tiêu nghiệm thu;
- Cần có nghiên cứu để bổ sung hệ số hiệu chỉnh chiều cao của mẫu khi xác định độ dẻo Marshall.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 8860-1:2011 (2011), *Bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 1: Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall.*
2. ASTM D6927 – 15 và ASTM D6927-06 (2015), *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures.*
3. AASHTO T245-13 (2013), *Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus.*
4. EN 12697-34 (2004), *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Marshall test.*
5. Hồ sơ thiết kế; Hồ sơ kiểm định các công trình QL1, QL18, QL14, QL20,...

