

TCVN * - 1 : 2022**

Xuất bản lần 1

**HỖN HỢP NHỰA – PHƯƠNG PHÁP THỬ VỆT BÁNH XE –
PHẦN 1: PHƯƠNG PHÁP A**

Asphalt Mixture – Test Methods for Wheel Tracking – Part 1: Test Method A

Mục lục

| | |
|---|----|
| 1 Phạm vi áp dụng | 5 |
| 2 Tài liệu viện dẫn | 5 |
| 3 Thuật ngữ và định nghĩa | 6 |
| 4 Ý nghĩa và sử dụng | 7 |
| 5 Tóm tắt phương pháp | 7 |
| 6 Dụng cụ và thiết bị | 7 |
| 7 Chuẩn bị mẫu thử nghiệm | 10 |
| 8 Xác định độ rỗng dư | 11 |
| 9 Trình tự thử nghiệm | 12 |
| 10 Tính toán | 14 |
| 11 Báo cáo | 16 |
| 12 Độ chính xác | 16 |
| Phụ lục A (quy định). Kiểm tra, đánh giá kích thước bánh xe | 17 |
| Phụ lục B (tham khảo). Bảo dưỡng, hiệu chuẩn thiết bị | 19 |
| Phụ lục C (tham khảo). Hướng dẫn xác định độ dốc và điểm bong màng nhựa | 21 |

Lời nói đầu

Do đặc thù hiện nay tại Việt Nam có nhiều loại thiết bị thử nghiệm vết bánh xe theo các phương pháp thử khác nhau (theo tiêu chuẩn AASHTO, tiêu chuẩn EN, tiêu chuẩn Trung Quốc/Nhật Bản), các thiết bị và phương pháp thử này đều đang được sử dụng trong thực tế phục vụ sản xuất cũng như nghiên cứu. Do vậy, để thuận lợi cho việc áp dụng, bộ TCVN này gồm 3 phần (Phần 1, Phần 2, Phần 3) được biên soạn trên cơ sở tham khảo các tiêu chuẩn nêu trên. Căn cứ các tiêu chuẩn, quy định hiện hành, người sử dụng bộ tiêu chuẩn này lựa chọn áp dụng Phần 1, Phần 2 hay Phần 3 cho phù hợp.

TCVN * : 2022** do Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

TCVN * : 2022** *Hỗn hợp nhựa – Phương pháp thử vết bánh xe* bao gồm 3 phần:

TCVN *** - 1 : 2022, Phần 1 : Phương pháp A, được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn AASHTO T324 : 2019, Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixture

TCVN *** - 2 : 2022, Phần 2 : Phương pháp B, được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn BS EN12697-22 : 2020, Bituminous mixtures - Test methods - Wheel tracking.

TCVN *** - 3 : 2022, Phần 3 : Phương pháp C, được biên soạn trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn T01719 : 2011, Bituminous Mixture Wheel Track Test.

Hỗn hợp nhựa – Phương pháp thử vết bánh xe – Phần 1 : Phương pháp A

Asphalt Mixture – Test Methods for Wheel Tracking – Part 1 : Test Method A

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định trình tự thử nghiệm vết hằn bánh xe và độ nhảy đầm của **hỗn hợp nhựa đã đầm nén** bằng thiết bị thí nghiệm vết bánh xe Hamburg (Hamburg Wheel-Tracking Device, HWTD).

1.2 Tiêu chuẩn này quy định trình tự thử nghiệm một mẫu hỗn hợp nhựa đã đầm nén và đã được ngâm nước trong một thiết bị có bánh xe quay chuyển động tịnh tiến. Phương pháp thử nghiệm này cung cấp thông tin về tốc độ biến dạng vĩnh cửu dưới tác dụng của tải trọng tập chung chuyển động. Mẫu thử nghiệm dạng tấm được đầm nén trong phòng thử nghiệm bằng phương pháp đầm lăn; cũng có thể là mẫu hình trụ tròn được đầm nén trong phòng thử nghiệm bằng thiết bị đầm xoay Superpave (SGC). Ngoài ra, mẫu khoan từ hiện trường có đường kính 150 mm, 250 mm hoặc 300 mm, hoặc mẫu dạng tấm cắt về từ hiện trường cũng có thể được thử nghiệm.

1.3 Tiêu chuẩn này được sử dụng để xác định tính dễ hư hỏng sớm của hỗn hợp nhựa do cấu trúc cấp phối yếu, độ cứng của nhựa không đủ hoặc do phá hoại của ẩm ướt. Tiêu chuẩn này xác định được độ sâu lún vết bánh xe và số lần tác dụng của tải trọng cho tới khi mẫu bị hư hỏng.

1.4 Tiêu chuẩn này xác định nguy cơ về các tác động gây hư hỏng do ẩm ướt vì mẫu được ngâm chìm trong nước có kiểm soát nhiệt độ trong khi gia tải.

CHÚ THÍCH 1: Chất lượng của các kết quả thử nghiệm phụ thuộc vào năng lực của thử nghiệm viên, khả năng của thiết bị và chất lượng công tác hiệu chuẩn, bảo trì thiết bị. Các đơn vị đáp ứng các chỉ tiêu quy định trong AASHTO R18 nhìn chung được coi là có khả năng thực hiện phép thử, lấy mẫu, kiểm tra. Người sử dụng tiêu chuẩn này cần biết là việc chỉ tuân thủ theo AASHTO R18 không hoàn toàn đảm bảo kết quả đáng tin cậy. Kết quả đáng tin cậy phụ thuộc vào nhiều yếu tố; việc tuân thủ theo các gợi ý của AASHTO R18 hoặc một số hướng dẫn tương tự khác cung cấp các công cụ để đánh giá và kiểm soát một số yếu tố đó.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có):

TCVN * - 1 : 2022**

TCVN 8860-4, *Bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 4: Xác định tỷ trọng lớn nhất, khối lượng riêng của bê tông nhựa ở trạng thái rời.*

TCVN 8860-5, *Bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 5: Xác định tỷ trọng khối, khối lượng thể tích của bê tông nhựa đã đầm nén.*

TCVN 8860-9, *Bê tông nhựa - Phương pháp thử - Phần 9: Xác định độ rỗng dư.*

TCVN 11782, *Bê tông nhựa - Chuẩn bị mẫu thí nghiệm bằng phương pháp đầm lăn.*

TCVN 12817, *Bê tông nhựa - Phương pháp chế bị và xác định độ chặt của mẫu thử bằng thiết bị đầm xoay Superpave.*

ASTM D6027/D6027M: 2015, *Standard Practice for Calibrating Linear Displacement Transducers for Geotechnical Purposes (Tiêu chuẩn hiệu chuẩn các đầu đo dịch chuyển tuyến tính dùng cho các mục đích địa kỹ thuật).*

TCVN*** : 2022/R97, *Hỗn hợp nhựa - Phương pháp lấy mẫu (Đang được biên soạn năm 2022).*

AASHTO R18, *Establishing and Implementing a Quality Management System for Construction Materials Testing Laboratories (Thiết lập và thực hiện hệ thống quản lý chất lượng (QMS) cho các phòng thử nghiệm vật liệu xây dựng).*

AASHTO R30, *Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot-Mix Asphalt (Tiêu chuẩn thực hành bảo dưỡng hỗn hợp nhựa nóng).*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Chiều dày danh định (Nominal Thickness)

Chiều dày mục tiêu của mẫu thử sẽ được chuẩn bị trong phòng thử nghiệm (mm).

3.2

Độ sâu vết hằn bánh xe (Ruth Depth)

Mức độ giảm chiều dày của mẫu thử dưới tác dụng lặp lại của bánh xe gia tải (mm).

3.3

Bề mặt thử nghiệm (Test Surface)

Bề mặt của mẫu thử mà bánh xe gia tải sẽ chạy lên.

3.4

Kết quả thử nghiệm mẫu đơn (Single Test Result)

Các giá trị có được khi thử nghiệm một lần trên một mẫu thử.

3.5

Chu kỳ tác dụng của tải trọng (Load Cycle)

2 lần tác dụng (lần đi, lần về) của bánh xe gia tải.

3.6

Lần tác dụng của tải trọng (Load Pass)

1 lần tác dụng (lần đi hoặc lần về) của bánh xe gia tải.

4 Ý nghĩa và sử dụng

Phương pháp thử nghiệm này xác định vết hàn bánh xe và độ nhạy âm của một mẫu hỗn hợp nhựa đã được đầm nén.

5 Tóm tắt phương pháp

5.1 Một mẫu hỗn hợp nhựa được chế bị trong phòng thử nghiệm, một mẫu dạng tấm được cắt về từ hiện trường hoặc một mẫu hình trụ tròn được khoan về từ hiện trường chịu tác dụng của tải trọng lặp theo phương thẳng đứng trực tiếp từ một bánh xe thép. Mẫu thử được ngâm trong bể nước ở một **hiệt độ xác định**. Xác định biến dạng của mẫu do tải trọng bánh xe gây ra.

5.2 Biến dạng của mẫu được vẽ biểu đồ như là hàm số của số lần tác dụng tải trọng. Sự gia tăng đột biến của tốc độ biến dạng có thể xảy ra đồng thời với bong bọt màng nhựa khỏi các hạt cốt liệu trong mẫu hỗn hợp nhựa.

6 Dụng cụ và thiết bị

6.1 Thiết bị thí nghiệm vết bánh xe Hamburg (Hamburg Wheel-Tracking Device, HWTD)

Là 1 thiết bị sử dụng điện, có khả năng dịch chuyển một bánh xe làm bằng thép dạng hình tròn có đường kính $(203,2 \pm 2)$ mm, rộng $(47 \pm 0,5)$ mm qua lại trên bề mặt tại vị trí qua qua tâm (trục x và trục y) của mẫu thử. Tải trọng tác dụng lên bánh xe là $(705 \pm 4,5)$ N. Bánh xe chuyển động qua lại trên bề mặt mẫu thử, có vị trí thay đổi theo thời gian theo quy luật hình sin. Mức độ lệch tối đa so với một sóng hình sin hoàn hảo được xác định thông qua sai số bình phương căn bậc hai (RMSE), được tính theo công thức (1):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}} \quad (1)$$

Trong đó:

- e_i độ lệch so với đường cong dạng hình sin thuần túy.
- n số điểm dữ liệu.

Độ lệch tối đa cho phép so với sóng hình sin qua toàn bộ chiều dài vết bánh xe tác dụng được thiết lập ở giá trị $RMSE = 2,54$ mm trừ khi có quy định khác của đơn vị. Bánh xe sẽ tác dụng (52 ± 2) lần trên bề mặt mẫu trong thời gian 1 min. Tốc độ tối đa của bánh xe đạt được ở vị trí giữa của mẫu thử là $(0,305 \pm 0,02)$ m/s.

6.2 Hệ thống kiểm soát nhiệt độ

Một bể nước có khả năng duy trì ở nhiệt độ thử nghiệm nằm trong phạm vi từ 25 °C đến 70 °C với sai số $\pm 1,0$ °C. Bể có hệ thống tuần hoàn cơ khí để ổn định nhiệt trong thùng đựng mẫu.

6.3 Hệ thống đo biến dạng

Một thiết bị đo biến dạng tuyến tính (LDT) có thể đo được biến dạng của mẫu dưới tác dụng của bánh xe với độ chính xác $0,15$ mm, có phạm vi đo từ 0 mm đến 20 mm. Hệ thống sẽ đo độ sâu hần lún ít nhất tại các vị trí dọc theo chiều dài vết tác dụng của bánh xe : -114 mm, -91 mm, -69 mm, -46 mm, -23 mm, 0 mm, +23 mm, +46 mm, +69 mm, +91 mm và +114 mm với 0 là vị trí giữa của vết tác dụng của bánh xe. Điểm giữa của vết tác dụng của bánh xe phải được đánh dấu bởi nhà sản xuất. Hệ thống đo độ sâu vết bánh xe (không phải dùng bánh xe) ít nhất một lần sau mỗi 20 lần tác dụng tải. Chiều sâu vết bánh xe được biểu thị là một hàm số của số lần tác dụng tải. Thiết bị sẽ ngắt kết nối nếu dịch chuyển trung bình đo được trên LDT (số đọc từ thiết bị điều khiển vi mô, không phải số đọc trên màn hình) bằng hoặc lớn hơn 40,90 mm đối với một mẫu riêng biệt. Lưu ý rằng số đọc trên màn hình trừ số đọc ban đầu trên LDT từ tổng biến dạng.

CHÚ THÍCH 2: Các vị trí đọc biến dạng nên được xác định thông qua thực nghiệm bằng cách sử dụng một thiết bị bằng nhôm như trình bày trong X.2. Giá trị $RMSE$ cho phép tối đa tại 11 vị trí thiết lập trước sau khi tính đến ảnh hưởng của độ cong của thiết bị làm bằng nhôm được thảo luận trong Báo cáo của NCHRP là 1,27 mm.

6.4 Thiết bị đếm số lần tác dụng của bánh xe

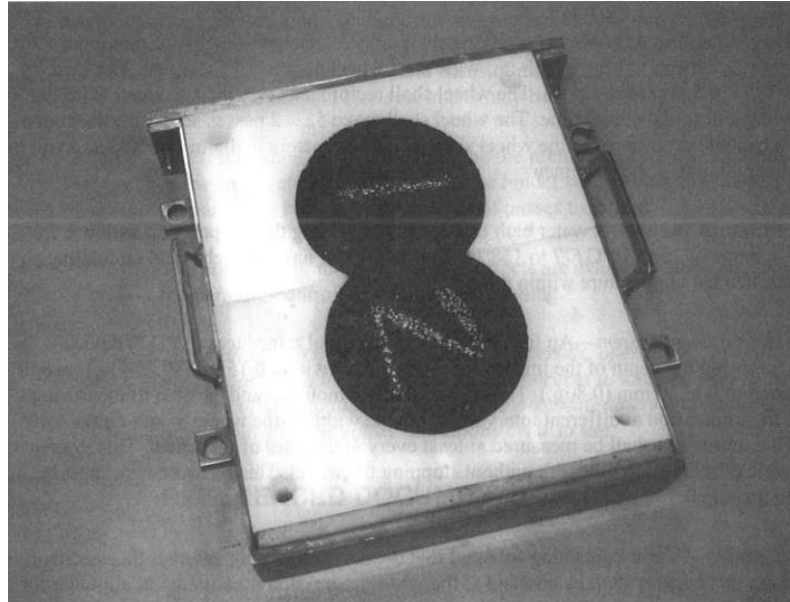
Một cảm biến không tiếp xúc sẽ đếm số lần bánh xe tác dụng của bánh xe lên bề mặt mẫu. Tín hiệu từ thiết bị đếm này sẽ được kết nối với đo biến dạng của mẫu, cho phép biểu thị chiều sâu hần lún là một hàm số của số lần tác dụng của bánh xe.

6.5 Hệ thống giữ mẫu thử nghiệm dạng tấm

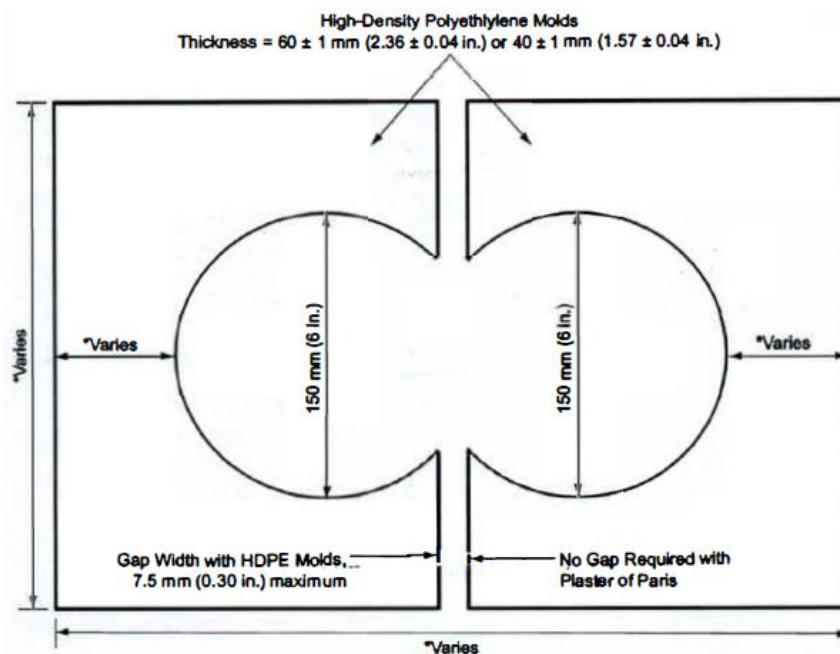
Là một khay làm bằng thép không rỉ được liên kết cố định với máy. Hệ thống liên kết này phải trắc chắn để dịch chuyển của mẫu trong suốt quá trình thử nghiệm không vượt quá 0,5 mm. Hệ thống này được thiết kế treo trong máy để cho nước ở trong bể có thể lưu thông tự do khắp các bề mặt mẫu thử nghiệm với chiều dày tối thiểu là 20 mm.

6.6 Hệ thống giữ mẫu thử nghiệm dạng hình trụ tròn

Hệ thống này gồm 2 khuôn mẫu làm bằng vật liệu polyethylene có khối lượng thể tích lớn (HDPE) hoặc bằng thạch cao phù hợp với yêu cầu tại điều 9 để giữ các mẫu thử (xem Hình 1, Hình 2) được đặt trong một khay thép không rỉ liên kết chắc chắn với máy. Hệ thống liên kết này phải trắc chắn để dịch chuyển của mẫu trong suốt quá trình thử nghiệm không vượt quá 0,5 mm. Hệ thống này được thiết kế treo trong máy để cho nước ở trong bể có thể lưu thông tự do khắp các bề mặt mẫu thử nghiệm với chiều dày tối thiểu là 20 mm.



Hình 1 – Hệ thống giữ mẫu thử nghiệm dạng trụ tròn



Hình 2 – Sơ đồ hệ thống giữ mẫu thử nghiệm dạng trụ tròn

6.7 Máy đầm lặn tạo mẫu thử nghiệm dạng tấm và các khuôn mẫu theo quy định tại tiêu chuẩn TCVN 11782.

6.8 Đầm xoay Superpave (SGC) và các khuôn mẫu theo quy định tại tiêu chuẩn TCVN 12817.

6.9 Cân: Cân có khả năng cân được 12 000 g, độ chính xác là 0,1 g.

6.10 Các tủ sấy: Dùng để làm nóng cốt liệu và nhựa đường.

6.11 Các dụng cụ để trộn mẫu (chậu, xèng, bay...).

7 Chuẩn bị mẫu thử nghiệm

7.1 Số lượng mẫu thử nghiệm: Số lượng mẫu cho mỗi lần thử nghiệm là 2 mẫu. Mẫu thử nghiệm có thể là mẫu dạng tấm hoặc mẫu dạng hình trụ tròn.

7.2 Hỗn hợp nhựa được trộn trong phòng thử nghiệm

7.2.1 Hỗn hợp nhựa được phối trộn theo đúng công thức phối trộn đã thiết kế.

7.2.2 Nhiệt độ trộn hỗn hợp nhựa được xác định là nhiệt độ để nhựa đường đạt được độ nhớt là (170 ± 20) cSt. Trường hợp sử dụng nhựa đường cải tiến, nhiệt độ trộn theo khuyến cáo của đơn vị sản xuất nhựa đường.

7.2.3 Sấy nóng hỗn hợp cốt liệu và bột khoáng (nếu sử dụng) trước, sau đó đổ nhựa đường vào và trộn cho tới khi nhựa dính bám trên toàn bộ bề mặt các hạt cốt liệu.

7.2.4 Mẫu hỗn hợp nhựa được bảo dưỡng ngắn hạn ở nhiệt độ đầm nén theo quy định tại AASHTO R30.

7.2.5 Nhiệt độ đầm nén mẫu được xác định là nhiệt độ để nhựa đường đạt được độ nhớt là (280 ± 30) cSt. Trường hợp sử dụng nhựa đường cải tiến, nhiệt độ đầm nén theo khuyến cáo của đơn vị sản xuất nhựa đường.

7.2.6 Đầm mẫu trong phòng thử nghiệm

Mẫu được đầm nén trong phòng thử nghiệm có thể là mẫu dạng tấm hoặc mẫu dạng hình trụ tròn đầm nén theo phương pháp sử dụng thiết bị đầm xoay Superpave.

7.2.6.1 Đầm nén mẫu dạng tấm

Mẫu được đầm nén bằng cách sử dụng máy đầm lăn theo tiêu chuẩn TCVN 11782. Cần 2 mẫu có chiều dài 320 mm, chiều rộng 260 mm; chiều dày của mẫu từ 38 mm đến 100 mm, phải lớn hơn ít nhất 2 lần đường kính hạt lớn nhất danh định. Mẫu sau khi đầm nén được để trên một bề mặt sạch, phẳng cho đến khi nguội (có thể sờ tay vào được).

7.2.6.2 Đầm nén mẫu dạng hình trụ tròn

Mẫu được đầm nén bằng cách sử dụng thiết bị đầm xoay Superpave theo tiêu chuẩn TCVN 12817. Cần 2 mẫu có đường kính 150 mm ; chiều cao từ 38 mm đến 100 mm, phải lớn hơn ít nhất 2 lần đường kính hạt lớn nhất danh định. Mẫu sau khi đầm nén được để trên một bề mặt sạch, phẳng cho đến khi nguội (có thể sờ tay vào được).

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ các công đoạn chế tạo mẫu xem quy định trong các tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu tương ứng với từng loại hỗn hợp nhựa.

7.3 Hỗn hợp nhựa được sản xuất từ hiện trường - Hỗn hợp nhựa rời

7.3.1 Tiến hành lấy mẫu theo tiêu chuẩn TCVN*** : 2022 (AASHTO R97).

7.3.2 Đầm nén mẫu

Mẫu được đầm nén trong phòng thử nghiệm có thể là mẫu dạng tấm hoặc mẫu dạng hình trụ tròn đầm nén theo phương pháp sử dụng thiết bị đầm xoay Superpave. Trình tự đầm mẫu theo quy định tại 7.2.6.

7.4 Hỗn hợp nhựa được sản xuất tại hiện trường - Hỗn hợp đã được đầm nén tại hiện trường (mẫu khoan hoặc mẫu cắt từ mặt đường)

7.4.1 Khoan, cắt mẫu tại hiện trường

Các mẫu khoan dạng trụ tròn hoặc mẫu dạng tấm được khoan, cắt (quá trình khoan, cắt có sử dụng nước) từ mặt đường hỗn hợp nhựa đã được đầm nén. Mẫu khoan có đường kính 300 mm, 250 mm hoặc 150 mm; mẫu dạng tấm có kích thước xấp xỉ dài 320 mm, rộng 260 mm; chiều dày mẫu từ 38 mm đến 100 mm. Chiều dày của mẫu khoan, mẫu cắt từ hiện trường điển hình là 38 mm, nhưng có thể hiệu chỉnh cho phù hợp với hệ thống giữ mẫu bằng cách dùng cưa cắt có sử dụng nước. Cắt mẫu khoan lấy về từ hiện trường theo quy định tại 7.4.2.

CHÚ THÍCH 3: Cần chú ý khi gia tải cho mẫu đảm bảo sao cho bề mặt của khuôn mẫu phải đảm bảo cao độ. Mẫu phải được cắt bớt nếu quá cao, được đắp bù thêm nếu quá thấp (bằng cách sử dụng thạch cao nếu cần). Hiệu chuẩn lực tác dụng từ bánh xe lên bề mặt tại vị trí tâm mẫu là $(705 \pm 4,5)$ N. Một thay đổi nhỏ về cao độ sẽ dẫn đến thay đổi đáng kể về lực.

7.4.2 Cắt mẫu hình trụ tròn được đầm nén theo phương pháp sử dụng đầm xoay (SGC) và mẫu khoan về từ hiện trường

Chỉ được cắt mẫu khi các mẫu đã nguội đến nhiệt độ phòng thử nghiệm, có thể dùng cưa cắt có dùng nước hoặc cắt khô. Cắt bỏ đi một phần mẫu dọc theo các vết đã đánh dấu trên bề mặt mẫu sao cho khi ghép 2 mẫu lại với nhau (thành dạng mẫu hình số 8) thì sẽ không có khoảng trống giữa các mép cắt. Phần mẫu được cắt bỏ có thể thay đổi để có được bề rộng khoảng chống không lớn hơn hơn 7,5 mm giữa các khuôn.

CHÚ THÍCH 4: Có thể sử dụng bộ gá để cắt mẫu cho được đồng đều.

8 Xác định độ rỗng dư

8.1 Xác định tỷ trọng khối của các mẫu thử nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 8860-5.

8.2 Xác định tỷ trọng rời lý thuyết lớn nhất theo tiêu chuẩn TCVN 8860-4.

8.3 Xác định độ rỗng dư theo tiêu chuẩn TCVN 8860-9. Đối với mẫu hình trụ tròn chế tạo trong

phòng theo phương pháp sử dụng đầm xoay, độ rỗng dư mục tiêu của mẫu là $(7,0 \pm 0,5) \%$; đối với mẫu dạng tấm chế tạo trong phòng theo phương pháp sử dụng đầm lăn, độ rỗng dư mục tiêu của mẫu là $(7,0 \pm 1,0) \%$. Đối với mẫu khoan, cắt từ hiện trường, độ rỗng dư theo thực tế đạt được.

9 Trình tự thử nghiệm

9.1 Gá lắp mẫu thử nghiệm dạng tấm và mẫu khoan hiện trường có đường kính lớn

Sử dụng thạch cao để cố định mẫu khoan hình trụ tròn có đường kính 300 mm, 250 mm hoặc mẫu dạng tấm vào các khay. Thạch cao được trộn theo tỷ lệ thạch cao / nước xấp xỉ 1/1. Đổ thạch cao đến chiều cao sao cho khoảng không giữa mẫu và các cạnh của khay đựng mẫu được lấp đầy. Mẫu dạng tấm được tiếp xúc trực tiếp với khay gá mẫu, tuy nhiên thạch cao thừa có thể chảy ở phía dưới mẫu. Nếu chiều dày của mẫu dạng tấm và mẫu khoan hiện trường có đường kính lớn bằng chiều cao của khay gá mẫu thì lớp thạch cao phía dưới mẫu thử không được vượt quá 2 mm. Nếu chiều dày của mẫu dạng tấm và mẫu khoan nhỏ hơn chiều cao của khay gá mẫu thì có thể sử dụng thạch cao và / hoặc miếng chêm bằng nhôm, miếng chêm bằng vật liệu HDPE, hoặc loại vật liệu thích hợp khác để lót ở phía dưới mẫu (nếu cần) để mặt trên của mẫu có cao độ bằng với cao độ mặt trên của khay gá mẫu để không cho mẫu bị dịch chuyển trong suốt quá trình thử nghiệm. Để im trong khoảng thời gian 1 h để thạch cao đông kết. Nếu sử dụng loại vật liệu khác, yêu cầu phải chịu được lực nén là 890 N mà không bị nứt.

9.2 Gá lắp mẫu thử nghiệm dạng hình trụ tròn được chế bị trong phòng theo phương pháp đầm xoay và mẫu khoan hiện trường có đường kính 150 mm hoặc 152 mm

Gá lắp các mẫu hình trụ có đường kính 150 mm hoặc 152 mm vào trong khuôn gá mẫu bằng cách sử dụng khuôn làm bằng vật liệu HDPE có kích thước như trên Hình 2 hoặc bằng thạch cao. Nếu sử dụng khuôn làm bằng vật liệu HDPE thì lắp đặt khuôn vào khay gá mẫu trước, sau đó đặt 2 mẫu thử nghiệm đã được cắt tạo hình trước vào trong khuôn. Cố định khuôn vào khay gá mẫu. Nếu sử dụng thạch cao để gá mẫu, đổ đầy thạch cao vào khay gá mẫu cho đến cao độ bằng với bề mặt trên của mẫu. Mẫu vật sẽ tiếp xúc trực tiếp với khay gá mẫu, tuy nhiên thạch cao thừa có thể chảy ở phía dưới mẫu. Nếu là mẫu đầm nén trong phòng bằng thiết bị đầm xoay thì lớp thạch cao phía dưới mẫu thử không được vượt quá 2 mm. Nếu là mẫu khoan hiện trường thì có thể sử dụng thạch cao và / hoặc miếng chêm bằng nhôm, miếng chêm bằng vật liệu HDPE, hoặc loại vật liệu thích hợp khác để lót ở phía dưới mẫu (nếu cần) để mặt trên của mẫu có cao độ bằng với cao độ mặt trên của khuôn HDPE để không cho mẫu bị dịch chuyển trong suốt quá trình thử nghiệm. Để im trong khoảng thời gian 1 h để thạch cao đông kết.

CHÚ THÍCH 5: Các mẫu được khoan bằng mũi khoan 152 mm có thể không lắp vừa vào khuôn HDPE đường kính 150 mm, trong trường hợp có thể phải cắt bỏ bớt một lớp mỏng phía ngoài của mẫu khoan, sau đó dùng thạch cao để gá lắp mẫu vào khuôn.

9.3 Gá lắp các khay đã có mẫu thử vào thiết bị và liên kết chặt với thiết bị.

9.4 Bật thiết bị thử nghiệm và tắt cả các bộ phận.

9.5 Khởi động phần mềm trên máy tính để liên kết với thiết bị.

9.6 Nhập các thông tin về dự án và các yêu cầu đối với thử nghiệm.

9.6.1 Lựa chọn nhiệt độ thử nghiệm dựa trên chỉ dẫn kỹ thuật áp dụng.

9.6.2 Lựa chọn chiều sâu hàn lún cho phép lớn nhất dựa trên chỉ dẫn kỹ thuật áp dụng.

9.6.3 Lựa chọn số lần tác dụng tải trọng lớn nhất dựa trên chỉ dẫn kỹ thuật áp dụng.

9.6.4 Nhập thời gian trì hoãn khởi động là 45 min để bảo dưỡng trước các mẫu thử. Nhiệt độ các mẫu thử trong khay sẽ đạt đến nhiệt độ thử nghiệm (xác định trong **9.6.1**) khi kết thúc quá trình này.

9.7 Tiếp theo, thực hiện theo **9.8** nếu tiến hành thử theo chế độ tự động, thực hiện theo **9.9** nếu tiến hành thử theo chế độ thủ công

CHÚ THÍCH 6: Tiến hành thử theo chế độ tự động nếu thiết bị được chế tạo và phần mềm có chức năng tự động mở và khóa các van nước để nước được bơm vào và rút ra khỏi bể nước.

9.8 Tiến hành thử nghiệm theo chế độ tự động

9.8.1 Hiệu chỉnh cao độ của LDT theo khuyến cáo của nhà sản xuất thiết bị.

CHÚ THÍCH 7: LDT dùng cho mỗi bánh xe thép được tự động hiển thị giá trị 0 tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm. Phần mềm sẽ hiển thị giá trị 0 tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm.

9.8.2 Hạ thấp các bánh xe đến vị trí bánh xe tiếp xúc với mặt trên của mẫu thử.

Nếu là mẫu thử hình trụ, hạ bánh xe lên mép của mẫu thử sao cho phần lớn bánh xe tiếp xúc với khuôn HDPE trong khay gá mẫu. Nếu là mẫu thử dạng tấm, hạ bánh xe lên mẫu thử không quá 5 min trước khi bắt đầu thử nghiệm. Trong cả hai trong trường hợp trên, mẫu không được phép ngâm trong nước quá (60 ± 5) min trước khi bắt đầu thử nghiệm (bao gồm cả thời gian bảo dưỡng mẫu trước khi thử nghiệm).

9.8.3 Bắt đầu chạy thử nghiệm bằng cách ấn nút "Start" hiển thị trên phần mềm của thiết bị.

CHÚ THÍCH 8: Thời gian trì hoãn bắt đầu thử nghiệm hoặc thời gian bảo dưỡng mẫu trước khi thử nghiệm sẽ bắt đầu sau khi nước đã được làm nóng đến nhiệt độ thử nghiệm đã lựa chọn trong **9.6.1**.

9.8.4 Thiết bị thử nghiệm sẽ dừng lại sau 20 000 lần tác dụng của bánh xe, hoặc sau một số lần tác dụng của bánh xe đã cài đặt trước, hoặc khi biến dạng lún vệt bánh xe đạt đến giá trị quy định trong **9.6.2**. Phần mềm của thiết bị sẽ tự động lưu giữ tập tin giữ liệu thử nghiệm.

9.8.5 Nâng các bánh xe lên, nhấc các khay chứa mẫu thử nghiệm ra khỏi thiết bị.

9.8.6 Tiếp tục thực hiện **9.10**.

9.9 Tiến hành thử nghiệm theo chế độ thủ công

9.9.1 Khóa chặt các van thoát nước và cho nước vào bể nước của thiết bị thử nghiệm cho đến khi phao nước dâng đến vị trí quy định.

CHÚ THÍCH 9: Hiệu chỉnh khối lượng nước lạnh và nước nóng nếu cần thiết, như vậy nhiệt độ nước có thể thay đổi.

9.9.2 Bảo dưỡng mẫu trước khi thử nghiệm 45 min sau khi nhiệt độ nước đã đạt đến nhiệt độ thử nghiệm đã lựa chọn. Không được để mẫu trong bể bảo dưỡng quá (60 ± 5) min trước khi bắt đầu thử nghiệm (bao gồm cả thời gian bảo dưỡng mẫu trước khi thử nghiệm).

9.9.3 Hạ thấp các bánh xe đến vị trí bánh xe tiếp xúc với mặt trên của mẫu thử sau khi mẫu đã được bảo dưỡng trước trong thời gian 45 min. Đối với thiết bị có thể bắt đầu thử nghiệm tự động sau thời gian bảo dưỡng trước, có thể cho phép hạ thấp bánh xe trước khi bảo dưỡng trước mẫu. Bánh xe sẽ không được tiếp xúc với bề mặt mẫu trước khi bắt đầu thử 5 min.

9.9.4 Đảm bảo rằng số đọc của LDT trên thiết bị đo nằm trong khoảng từ 10 mm đến 18 mm. Hiệu chỉnh cao độ của LDT để đạt đến số đọc này. Nới lỏng 2 ốc vít giá đỡ LDT và hiệu chỉnh LDT lên xuống đến cao độ quy định. Vặn chặt lại các ốc vít.

9.9.5 Bắt đầu chạy thử nghiệm.

9.9.6 Thiết bị thử nghiệm sẽ dừng lại sau 20 000 lần tác dụng của bánh xe, hoặc sau một số lần tác dụng của bánh xe đã cài đặt trước, hoặc khi biến dạng lún vệt bánh xe đạt đến giá trị quy định trong 9.6.2.

9.9.7 Mở van dưới đáy thiết bị để tháo hết nước ra khỏi thiết bị. Nâng các bánh xe lên, nhắc các khay chứa mẫu thử nghiệm ra khỏi thiết bị.

9.10 Dùng bàn chải và nước để cọ, rửa bể nước, hệ thống lò xo ra nhiệt, các bánh xe, dụng cụ đo nhiệt hoặc theo hướng dẫn của nhà sản xuất thiết bị. Sử dụng thiết bị xịt nước / không khí để làm sạch các hạt bẩn dính bám ở đáy bể nước. Cọ rửa những miếng đệm, lót sau mỗi lần làm thử nghiệm hoặc theo hướng dẫn của nhà sản xuất thiết bị. Không sử dụng bất kỳ loại dung dịch nào để rửa bể nước.

9.11 Sau mỗi lần thử nghiệm, tháo và lắp đổi chiều các bánh xe thử nghiệm để bánh xe mòn đều. Thử nghiệm được thực hiện với chuyển động trơn tru trên bề mặt mẫu thử.

10 Tính toán

10.1 Một thử nghiệm sẽ bao gồm:

10.1.1 Hai mẫu dạng tấm có kích thước dài 320 mm, rộng 260 mm, hai mẫu hình trụ tròn đường kính 250 mm, hoặc hai mẫu hình trụ tròn đường kính 300 mm đại diện cho vật liệu được chạy đồng thời trong một lần thử; hoặc

10.1.2 Bốn mẫu hình trụ tròn đường kính 150 mm được nhóm thành hai cặp đại diện cho vật liệu

được chạy đồng thời trong một lần thử.

Kết quả thử nghiệm sẽ được báo cáo là giá trị trung bình của hai mẫu (trường hợp a) hoặc giá trị trung bình của hai cặp mẫu (trường hợp b).

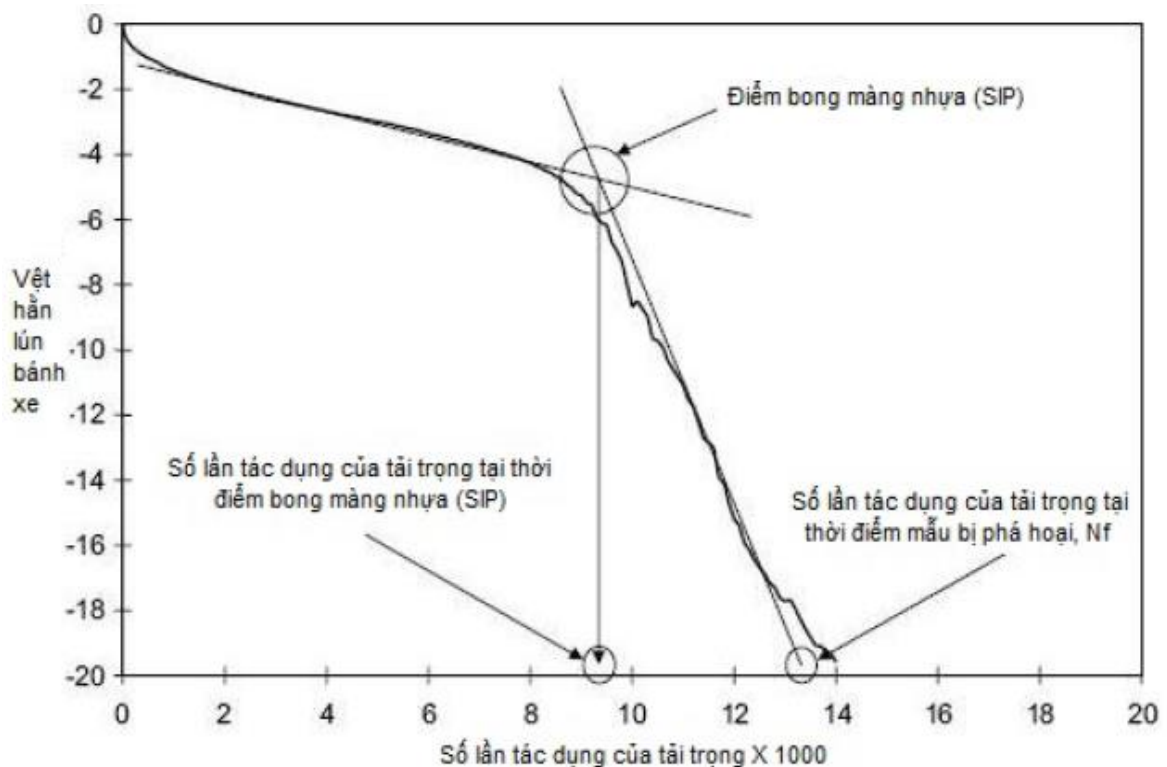
10.2 Chiều sâu lún vệt bánh xe lớn nhất sẽ được tính toán dựa trên chiều sâu lún vệt bánh xe trung bình của 5 vị trí biến dạng ở khu vực giữa (ví dụ tại các vị trí -46 mm, -23 mm, 0 mm, +23 mm và +46 mm) hoặc theo phương pháp phù hợp khác theo quy định của cơ quan. Vẽ biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu lún vệt bánh xe và số lần tác dụng tải cho mỗi thử nghiệm tại từng vị trí biến dạng. Hình 3 là biểu đồ điển hình của kết quả thử nghiệm. Từ biểu đồ này, xác định được các giá trị sau:

- Độ dốc và đường thẳng của phần ổn định thứ nhất của đường cong;
- Độ dốc và đường thẳng của phần ổn định thứ hai của đường cong.

10.3 Tính toán các thông số thử nghiệm sau, tất cả được thể hiện thông qua số lần tải trọng tác dụng.

$$\text{Điểm bong màng nhựa (SIP)} = \frac{\begin{array}{l} \text{Đường thẳng (của phần đường cong thứ hai)} \\ - \text{Đường thẳng (của phần đường cong thứ nhất)} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{Độ dốc (của phần đường cong thứ nhất)} \\ - \text{Độ dốc (của phần đường cong thứ hai)} \end{array}}$$

Trong đó chiều sâu lún vệt bánh xe phá hoại là chiều sâu lún vệt bánh xe cho phép lớn nhất đối với thử nghiệm.



Hình 3 – Đường cong Hamburg với các thông số thử nghiệm

11 Báo cáo

Báo cáo kết quả thử nghiệm bao gồm những thông tin sau đây:

- Loại mẫu (mẫu hiện trường hay trong phòng);
- Phương pháp đầm nén mẫu (mẫu dạng tấm hay mẫu hình trụ đầm nén bằng thiết bị đầm xoay Superpave);
- Số lần tác dụng của bánh xe tính đến thời điểm biến dạng lớn nhất;
- Biến dạng lớn nhất;
- Nhiệt độ thử nghiệm;
- Độ rỗng dư các mẫu thử nghiệm;
- Loại và khối lượng phụ gia tăng dính bám sử dụng trong hỗn hợp nhựa;
- Độ dốc từ biến (creep slope);
- Độ dốc bong màng nhựa (strip slope);
- Điểm bong màng nhựa;
- Người thử nghiệm, cơ sở thử nghiệm;
- Ngày thử nghiệm;
- Viện dẫn tiêu chuẩn này.

12 Độ chính xác

Việc nghiên cứu về độ chính xác và độ lệch của phương pháp thử này đang được thực hiện.

Phụ lục A

(quy định)

Kiểm tra, đánh giá kích thước bánh xe

A.1 Phạm vi áp dụng

Phụ lục này quy định việc kiểm tra, đánh giá các bánh xe thử nghiệm để đảm bảo các bánh xe tuân thủ các quy định tại 6.1. Nội dung bao gồm đo kiểm tra đường kính, bề rộng; kiểm tra đánh giá bằng mắt tình trạng bề mặt bánh xe. Tần suất thực hiện việc kiểm tra, đánh giá ít nhất là một lần trong 12 tháng.

A.2 Thiết bị

Thước kẹp hoặc Micrometer: Có phạm vi đo thích hợp và có độ phân giải tối thiểu 0,1 mm (0,0004 in). Dụng cụ đo lường phải được tiêu chuẩn hóa hàng năm.

A.3 Trình tự đo kiểm tra đường kính của bánh xe thử nghiệm

A.3.1 Kiểm tra bánh xe bằng mắt thường: Bánh xe không được dính bám vật liệu, không bị rỗ bề mặt. Xác định các vết mòn có thể nhìn thấy được trên bánh xe.

A.3.2 Dùng dụng cụ đo đo đường kính bánh xe tại một số vị trí trên bánh xe để xác định được vị trí bánh xe có đường kính lớn nhất. Đánh dấu vị trí bánh xe có đường kính lớn nhất bằng loại vật liệu nào đó mà có thể tháo bỏ đi sau đó. Đo và ghi lại kích thước đường kính lớn nhất chính xác đến 0,1 mm.

A.3.3 Đo kích thước đường kính bánh xe theo phương vuông góc với phương của đường kính lớn nhất. Đo và ghi lại kích thước đường kính này chính xác đến 0,1 mm.

A.3.4 So sánh kích thước đường kính đo được tại A.3.2, A.3.3 với các giá trị quy định tại 6.1, nếu bất kỳ kích thước kiểm tra nào không không thỏa mãn yêu cầu quy định tại 6.1 thì kết luận bánh xe kiểm tra không đạt yêu cầu và sẽ không được sử dụng.

A.4 Trình tự đo kiểm tra bề rộng bề mặt của bánh xe thử nghiệm

A.4.1 Kiểm tra bánh xe bằng mắt thường: Bề mặt bánh xe không được dính bám vật liệu, không bị rỗ bề mặt. Xác định các vết mòn có thể nhìn thấy được trên bánh xe.

A.4.2 Dùng dụng cụ đo đo bề rộng bánh xe tại một số vị trí để xác định được vị trí bánh xe có bề

TCVN * - 1 : 2022**

rộng lớn nhất. Đánh dấu vị trí bánh xe có bề rộng lớn nhất bằng loại vật liệu nào đó mà có thể tháo bỏ đi sau đó. Đo và ghi lại kích thước bề rộng lớn nhất chính xác đến 0,1 mm.

A.4.3 Đo bề rộng bánh xe tại các vị trí theo phương tạo góc 90°, 180°, 270° so với vị trí có bề rộng bánh xe lớn nhất. Đo và ghi lại bề rộng bánh xe chính xác đến 0,1 mm.

A.4.4 So sánh bề rộng đo được tại A.4.2, A.4.3 với các giá trị quy định tại 6.1, nếu bất kỳ bề rộng kiểm tra nào không thỏa mãn yêu cầu quy định tại 6.1 thì kết luận bánh xe kiểm tra không đạt yêu cầu và sẽ không được sử dụng.

A.5 Báo cáo kết quả

Báo cáo kết quả kiểm tra, đánh giá bánh xe thử nghiệm với các thông tin sau:

- Chủ sở hữu thiết bị;
- Địa điểm kiểm tra, đánh giá;
- Kiểu bánh xe thử nghiệm;
- Các kết quả đo đường kính của bánh xe chính xác đến 0,1 mm;
- Các kết quả đo bề rộng bề mặt của bánh xe chính xác đến 0,1 mm;
- Người thực hiện kiểm tra, đánh giá;
- Ngày kiểm tra, đánh giá;
- Viện dẫn tiêu chuẩn này.

Phụ lục B

(tham khảo)

Bảo dưỡng, hiệu chuẩn thiết bị

B.1 Bảo dưỡng

Phải tiến hành thay dầu mỡ cho hệ treo của thiết bị cứ sau 20 lần thử nghiệm (không quá 2 tháng) theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

B.2 Hiệu chuẩn

B.2.1 Kiểm tra nhiệt độ bể nước 6 tháng một lần sao cho sai số thực tế và số đọc được trên phần mềm của thiết bị không quá $\pm 1,0$ °C. Đo nhiệt độ trong bể nước tại 4 vị trí theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Tính giá trị trung bình của 4 giá trị đo được, đây là giá trị nhiệt độ của bể nước thực tế đo được.

B.2.2 Kiểm tra định chuẩn LDT theo ASTM D6027 hoặc theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

B.2.3 Sử dụng một cảm biến đo lực đã được hiệu chuẩn có độ chính xác 0,4 N để kiểm tra tải trọng từ hệ thống gia tải bánh xe tại vị trí cao độ ban đầu của thử nghiệm. Khi kiểm tra, phải căn chỉnh để tâm của cảm biến đo lực ở vị trí chính giữa của bánh xe theo cả phương dọc và phương ngang. Theo khuyến cáo của nhà sản xuất, tải trọng gia tải phải đạt $(705 \pm 4,5)$ N.

B.2.4 Kiểm tra tốc độ gia tải của bánh xe, tốc độ yêu cầu là (52 ± 2) lần/min.

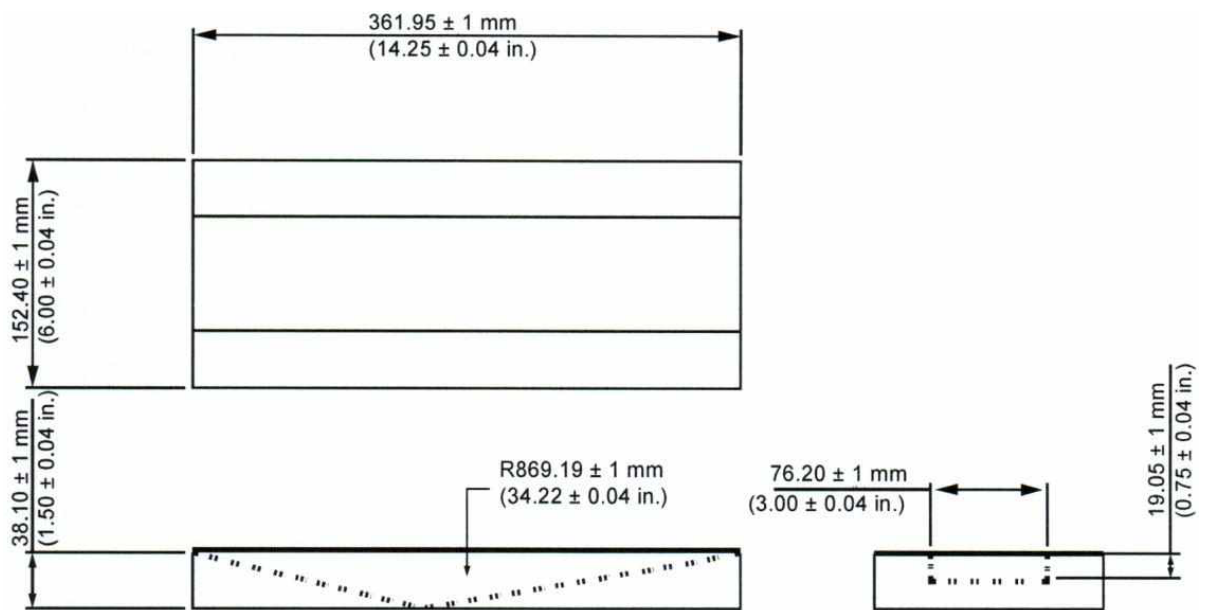
B.2.5 Sử dụng một mẫu thử bằng nhôm như quy định trên Hình B.1.1 để kiểm tra các số đo chiều sâu hần lún tại 11 vị trí như quy định tại 6.3.

B.2.6 Vị trí bánh xe thay đổi theo dạng hình sin theo thời gian phải được kiểm tra để có được giá trị RMSE tối đa là 2,54 mm, trừ khi được cơ quan xác định từ một sóng hình sin hoàn hảo.

Bảng B.1 – Các giá trị sai lệch đối với các số đọc chuyển vị

| Vị trí (mm) | Sai lệch (mm) |
|-------------|---------------|
| - 114 | 0,79 |
| - 91 | 0,50 |
| - 69 | 0,28 |
| - 46 | 0,13 |
| - 23 | 0,03 |

| Vị trí (mm) | Sai lệch (mm) |
|-------------|---------------|
| 0 | 0,00 |
| 23 | 0,03 |
| 46 | 0,13 |
| 69 | 0,28 |
| 91 | 0,50 |
| 114 | 0,79 |



Hình B.1 – Chi tiết của mẫu thử bằng nhôm

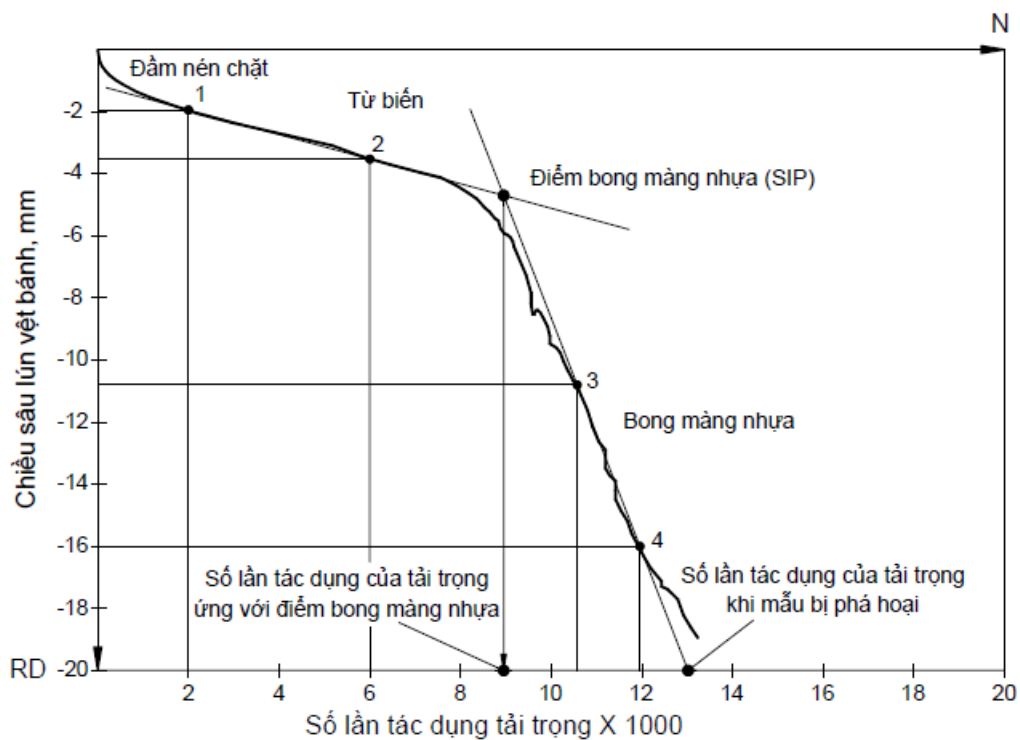
Phụ lục C

(tham khảo)

Hướng dẫn xác định độ dốc và điểm bong màng nhựa

C.1 Tổng quan

Thử nghiệm độ sâu vết hằn bánh xe trong môi trường nước để đánh giá khả năng chống lại biến dạng không hồi phục, đánh giá khả năng kháng nước, kháng bong tróc của mẫu vật liệu bê tông nhựa. Biểu đồ điển hình thường có dạng như ở Hình C.1, bao gồm 3 giai đoạn: Đầm nén chặt, từ biến và bong màng nhựa.



Hình C.1 – Đường cong quan hệ giữa chiều sâu hằn lún vết bánh xe và số lần tác dụng tải trọng

C.1.1 Giai đoạn đầm nén chặt

Giai đoạn đầm nén chặt ở khoảng 1000 lần tác dụng đầu tiên. Dưới tác dụng của tải trọng bánh xe, mẫu bê tông nhựa được đầm nén thứ cấp.

C.1.2 Giai đoạn từ biến

Từ biến xảy ra sau khi bê tông nhựa được đầm nén chặt và trước điểm bong màng nhựa (nếu có), giai đoạn này chủ yếu phản ánh biến dạng do tải trọng chưa có ảnh hưởng nhiều bởi độ ẩm. Độ dốc từ biến phản ánh khả năng chống lại biến dạng không hồi phục của bê tông nhựa dưới tác dụng lặp lại của tải trọng. Trong hệ trục (N - RD) độ dốc từ biến càng nhỏ thì bê tông nhựa có khả năng chống lại biến dạng trùng phục của tải trọng càng lớn và ngược lại.

C.1.3 Giai đoạn bong màng nhựa

Bong màng nhựa xảy ra sau giai đoạn từ biến ứng với điểm cong nhất của đường cong biến dạng. Giai đoạn này phản ánh biến dạng không hồi phục do tác dụng của độ ẩm, liên kết đá-nhựa bị phá vỡ và biến dạng tăng rất nhanh. Sau điểm bong màng nhựa, vật liệu bê tông nhựa bị phá hoại nhanh chóng, các thành phần hạt nhỏ dần bị bong tróc, bào mòn. Đoạn cuối của đường cong biến dạng là giai đoạn mẫu bê tông nhựa bị phá hoại do tác dụng chủ yếu của độ ẩm.

Độ dốc bong màng nhựa đánh giá khả năng chống lại biến dạng của bê tông nhựa do tác dụng của tải trọng trùng phục và độ ẩm, độ dốc bong màng nhựa càng lớn thì bê tông nhựa có khả năng chống lại biến dạng do độ ẩm càng nhỏ và ngược lại.

C.2 Trình tự xác định

C.2.1 Vẽ biểu đồ biến dạng N - RD với đối số N là số lần tác dụng của tải trọng (x1000 lần) và RD là độ sâu vết hằn bánh xe (mm).

C.2.2 Chia các đoạn dầm nén chặt, từ biến, bong màng nhựa của đường cong biến dạng (việc chia đoạn này có tính chất tương đối). Xác định điểm cong nhất của đường cong biến dạng ứng với điểm chuyển đoạn từ biến sang đoạn bong màng nhựa. Kẻ 2 đường thẳng đặc trưng cho đoạn cong từ biến và đoạn cong bong màng nhựa, giao của 2 đường thẳng là điểm bong màng nhựa và giống xuống trục N xác định số lần tác dụng của tải trọng ứng với điểm bong màng nhựa.

C.2.3 Trên đoạn từ biến xác định hai điểm 1 (N_1, RD_1) và 2 (N_2, RD_2), trên đoạn bong màng nhựa xác định hai điểm 3 (N_3, RD_3) và 4 (N_4, RD_4) (các điểm 1, 2, 3 và 4 được lựa chọn sao cho đường thẳng đi qua điểm 1, 2 và đường thẳng đi qua điểm 3, 4 thể hiện gần đúng nhất xu hướng của đoạn đường cong giai đoạn từ biến và đường cong giai đoạn bong màng nhựa). Độ dốc và điểm bong màng nhựa được xác định bằng các công thức quen thuộc từ phương trình đường thẳng:

- Độ dốc từ biến a_1 :

$$a_1 = \frac{(RD_2 - RD_1)}{(N_2 - N_1)} \quad (C.1)$$

- Độ dốc bong màng nhựa a_2 :

$$a_2 = \frac{(RD_4 - RD_3)}{(N_4 - N_3)} \quad (C.2)$$

- Số lần tác dụng của tải trọng ứng với điểm bong màng nhựa SIP:

$$SIP = \frac{(RD_s - RD_c)}{(a_1 - a_2)} \quad (C.3)$$

Với $RD_c = RD_1 - a_1.N_1$ và $RD_s = RD_3 - a_2.N_3$

C.3 Ví dụ tính toán

Xác định các thông số kết quả thử nghiệm ở Hình B1 biết các tọa độ các điểm 1 (2,00; 1,94); điểm 2 (6,00; 3,53); điểm 3 (10,57; 10,8); và điểm 4 (11,96;16,00) ra SIP = 8.95

Sử dụng các công thức C.1, C.2, C.3 trên tính toán được:

- Độ dốc từ biến a_1 :

$$a_1 = \frac{(RD_2 - RD_1)}{(N_2 - N_1)} = \frac{(3,53 - 1,94)}{(6,00 - 2,00)} = 0,40$$

- Độ dốc bong màng nhựa a_2 :

$$a_2 = \frac{(RD_4 - RD_3)}{(N_4 - N_3)} = \frac{(16,00 - 10,80)}{(11,96 - 10,57)} = 3,74$$

$$RD_C = RD_1 - a_1 \cdot N_1 = 1,94 - 0,40 \times 2,00 = 1,14$$

$$RD_S = RD_3 - a_2 \cdot N_3 = 10,80 - 3,74 \times 10,57 = -28,73$$

- Số lần tác dụng của tải trọng ứng với điểm bong màng nhựa SIP:

$$SIP = \frac{(RD_S - RD_C)}{(a_1 - a_2)} = \frac{(-28,73 - 1,14)}{(0,40 - 3,74)} = 8,94 \quad (8,94 \times 1000 \text{ lần})$$