

Nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục của bê tông asphalt bằng thí nghiệm nén ba trục tải trọng lặp

■ ThS. NCS. NGÒ NGỌC QUÝ

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Nén ba trục tải trọng lặp được xem là thí nghiệm tiên tiến nhất trong nhóm các thí nghiệm cơ bản nghiên cứu về đặc tính biến dạng không hồi phục của hỗn hợp bê tông asphalt do có thể mô phỏng gần nhất điều kiện chịu tải trọng thực tế của vật liệu. Bài báo giới thiệu thiết bị thí nghiệm nén ba trục tải trọng lặp được nghiên cứu và lắp dựng tại Phòng Thí nghiệm Công trình của Trường Đại học GTVT và kết quả bước đầu sử dụng thiết bị để nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục của hỗn hợp sử dụng nhựa đường thông thường bê tông nhựa chặt 19. Các đặc tính biến dạng của hỗn hợp bê tông nhựa chặt 19 ở 60°C được khảo sát bao gồm: Đường cong biến dạng theo số lần tác dụng lặp của tải trọng với các mức áp lực nén dọc trục khác nhau, số FN tương ứng với tốc độ biến dạng nhỏ nhất và phương trình quan hệ giữa biến dạng và ứng suất chính lớn nhất với số lần tác dụng lực tương ứng.

TỪ KHÓA: Hỗn hợp bê tông asphalt, biến dạng không hồi phục, thí nghiệm nén ba trục tải trọng lặp

ABSTRACT: The repeated load test with lateral confinement (repeated load triaxial test) is the most advanced test in primary testing group for asphalt mixture permanent deformation because it would simulate the most closely to actual stress and strain condition of asphalt mix material. The paper introduces the equipment of repeated load triaxial test which has been developed and assembled in Civil Engineering Laboratory of UTC and initial results of permanent deformation of conventional Tight asphalt concrete 19 using the testing equipment. Analyzed characteristics of the Tight asphalt concrete 9 permanent deformation include permanent deformation in percent versus loading numbers, FN value corresponds minimum permanent deformation rate, experimental relation between the permanent deformation and major principle stress at particular loads.

KEYWORDS: Hot mix asphalt, permanent deformation, repeated load triaxial test

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

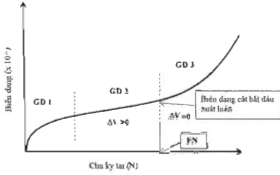
Đặc tính biến dạng không hồi phục của hỗn hợp bê tông asphalt là ứng xử cơ bản thể hiện bản chất của loại vật liệu này. Đặc tính này của vật liệu, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ cao chịu mức tải trọng nặng là cơ sở để đánh giá khả năng hư hỏng lún vết bánh xe của mặt đường bê tông asphalt. Việc nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục của hỗn hợp bê tông asphalt là rất cần thiết, là thực sự có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Nghiên cứu về đặc tính biến dạng không hồi phục của hỗn hợp bê tông asphalt là việc khó khăn, đặc biệt đối với điều kiện ở trong nước. Có một số thí nghiệm thông dụng với điều kiện trong nước để đánh giá đặc tính biến dạng không hồi phục của bê tông asphalt như là thí nghiệm từ biến tải trọng tĩnh trong các nghiên cứu [3,4] và thí nghiệm lún vết bánh xe. Tuy nhiên, thí nghiệm biến dạng không hồi phục tải trọng lặp hay còn gọi là thí nghiệm từ biến động với mô hình nén ba trục tải trọng lặp, mà được xem là mô hình thí nghiệm mô phỏng gần đúng nhất trạng thái ứng suất - biến dạng của vật liệu khi chịu tác dụng của tải trọng bánh xe, thí chưa có ở Việt Nam.

Việc nghiên cứu, chế tạo thiết bị thí nghiệm để nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục theo mô hình thí nghiệm nén ba trục tải trọng lặp kiểm soát được một số điều kiện thí nghiệm trong nghiên cứu này là bước khởi đầu, tạo cơ sở thuận lợi để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo về đặc tính biến dạng không hồi phục của vật liệu bê tông asphalt làm mặt đường.

2. ĐẶC TÍNH BIẾN DẠNG KHÔNG HỒI PHỤC CỦA BÊ TÔNG ASPHALT

Đặc tính biến dạng không hồi phục của bê tông asphalt được thể hiện thông qua đường đặc tính biến dạng, là đường cong quan hệ giữa biến dạng không hồi phục với số lần tải. Đường đặc tính biến dạng đầy đủ (Hình 2.1) sẽ bao gồm ba giai đoạn: Giai đoạn ban đầu, giai đoạn thứ hai và giai đoạn thứ ba. Trong giai đoạn đầu, biến dạng phát triển nhanh do có kết ban đầu. Giai đoạn quan trọng là giai đoạn thứ hai với phát triển biến dạng có tốc độ gần như không đổi. Sau đó đến giai đoạn ba là giai đoạn biến dạng phát triển nhanh thể hiện vật liệu đạt đến trạng thái phá hoại.

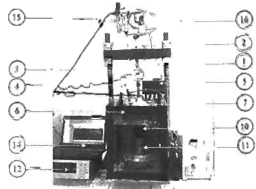


Hình 2.1: Đường cong biến dạng không hồi phục mẫu bê tông nhựa

Trong các nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục, ngoài dạng đường cong biến dạng (hàm mô phỏng) thì tốc độ biến dạng theo thời gian và thông số FN - Flow Number được xem là các tham số đặc tính biến dạng không hồi phục. Theo [1,5] và [6], FN là thời điểm mà ở đó tốc độ biến dạng đạt giá trị nhỏ nhất. Tại thời điểm đó, biến dạng cắt bắt đầu xuất hiện, thời điểm này được xem là điểm bắt đầu giai đoạn 3 của đường cong biến dạng. Một trong những phương pháp đơn giản để xác định FN cho mỗi đường cong biến dạng là vẽ đường thay đổi tốc độ biến dạng theo thời gian với thí nghiệm từ biến tải trọng tĩnh hoặc theo số chu kỳ tải với thí nghiệm biến dạng không hồi phục tải trọng lặp, xây dựng phương trình hồi qui tốc độ thay đổi biến dạng ở đoạn biến dạng ít thay đổi, đưa về phương trình bậc hai và tìm điểm cực tiểu của phương trình.

3. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

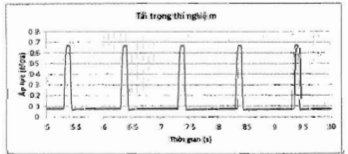
Hình 3.1a là sơ đồ thiết bị thí nghiệm để nghiên cứu đặc tính biến dạng không hồi phục của bê tông asphalt theo mô hình ba trục tải trong lặp. Hình 3.1b là hình ảnh của thiết bị thí nghiệm được tác giả nghiên cứu lắp dựng. Buồng áp lực sử dụng của thiết bị nên ba trục mẫu đất. Van điều áp (17) và đồng hồ áp lực (4) sẽ tạo và kiểm soát áp lực hống tác dụng lên mẫu thí nghiệm. Van điều áp (16) cung cấp khí nén cho xi-lanh (2) để tạo lực nén dọc trục, tần số và chu kỳ gia tải được van điện tử cùng bộ tạo tín hiệu điều khiển thực hiện. Việc khống chế nhiệt độ thí nghiệm thực hiện bằng bể bảo ôn (6) và bộ điều khiển gia nhiệt (5). Đo lực dọc trục bằng Load cell (3), đo biến dạng mẫu bằng hai bộ LVDT (8) gắn trên thân mẫu. Toàn bộ tín hiệu đo lực và biến dạng mẫu được đo và lưu trữ trong máy tính qua bộ chuyển đổi ADC (13).



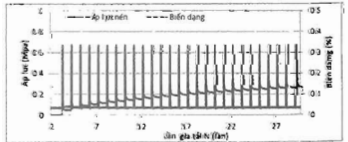
Hình 3.1b: Hình ảnh thiết bị

- 1 - Khung máy; 2 - Xi-lanh khí; 3 - Load cell;
- 4 - Đồng hồ đo áp lực hống; 5 - Thiết bị gia và ổn định nhiệt;
- 6 - Bể chứa nước bảo ôn; 7 - Buồng áp lực; 8 - Đầu đo LVDT;
- 9 - Bộ giá đỡ đầu biến dạng; 10 - Mẫu thí nghiệm; 11 - Tấm đệm;
- 12 - Bộ điều chế tín hiệu đo; 13 - Bộ chuyển đổi ADC; 14 - Máy tính;
- 15/17 - Van điều áp; 16 - Van điện tử

Với thiết bị thí nghiệm đã lắp dựng có thể thực hiện thí nghiệm xác định đặc tính biến dạng không hồi phục của mẫu bê tông asphalt ở điều kiện nhiệt độ, giá trị áp lực hống, giá trị áp lực dọc trục, tần số, thời gian gia tải như mong muốn. Hình 3.2 thể hiện hình dạng tải trọng lặp tác dụng lên mẫu. Hình 3.3 là kết quả xử lý số liệu đo áp lực, biến dạng của mẫu.



Hình 3.2: Tải trọng lặp tác dụng lên mẫu



Hình 3.3: Kết quả thí nghiệm

4. THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH BIẾN DẠNG KHÔNG HỒI PHỤC CỦA BÊ TÔNG NHỰA CHẤT 19

4.1. Mẫu thí nghiệm

Thử nghiệm được tiến hành với hỗn hợp bê tông nhựa chất 19 sử dụng nhựa 60/70. Thành phần hỗn hợp bê tông nhựa thể hiện trong Bảng 4.1. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp được thí nghiệm theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành như trong Bảng 4.2.

Kích thước mẫu: Mẫu thí nghiệm có chiều đường kính 100mm và chiều cao 150mm theo mẫu được chế bị bằng đầm xoay.

Hình 3.1a: Sơ đồ thiết bị

Bảng 4.1. Thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông nhựa

Kích thước mắt sàng (mm)	% lọt sàng	
	Cấp phối nghiên cứu	Yêu cầu theo [2]
25	100	100 - 100
19	94,93	90 - 100
12,5	75,27	60 - 78
9,5	67,07	50 - 72
4,75	39,74	26 - 56
2,36	24,41	16 - 44
1,18	17,38	12 - 33
0,6	12,69	8 - 24
0,3	8,60	5 - 17
0,15	7,49	4 - 13
0,075	5,44	3 - 7

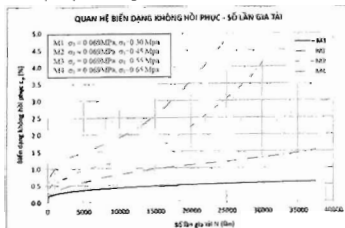
Bảng 4.2. Chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp bê tông nhựa 19

Chỉ tiêu	Kết quả thí nghiệm	Yêu cầu theo [2]
% nhựa trong hỗn hợp	4,3	-
Tỷ trọng (G_{25})	2,503	-
Tỷ trọng lớn nhất (G_{mm})	2,615	-
Độ rỗng dư (%)	4,26	3,6
Độ ổn định Marshall (kN)	11,2	Min 8
Độ dẻo Marshall (mm)	3,44	1,5 - 4
Độ ổn định còn lại (%)	92,42	Min 80

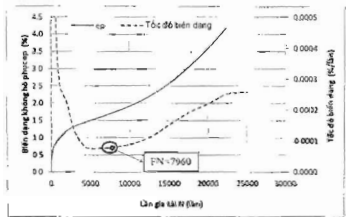
- Điều kiện thí nghiệm: Thí nghiệm ở nhiệt độ 60°C, áp lực hông 10psi (69 kPa), áp lực dọc trục có chu kỳ 01s (thời gian tác dụng lực 0,1s, thời gian nghỉ 0,9s).

4.2. Kết quả thí nghiệm

Các cấp áp lực $s_p = s_1 - s_3$ khác nhau được áp dụng trong thí nghiệm biến dạng không hồi phục tải trọng lặp. Kết quả thí nghiệm thể hiện như biểu đồ Hình 4.1 và Bảng 4.3. Tính tốc độ biến dạng, vẽ đồ thị quan hệ tốc độ biến dạng và số lần gia tải của từng mẫu, hồi quy bậc 2 đoạn tốc độ biến dạng nhỏ nhất, xác định giá trị FN của từng mẫu (Hình 4.2). Kết quả biến dạng không hồi phục được tính toán với chu kỳ tải trọng là 10.000, 20.000 và 25.000 lần để xây dựng quan hệ thực nghiệm giữa biến dạng không hồi phục và ứng suất lệch hay là mức áp lực nén dọc trục sử dụng.



Hình 4.1: Kết quả thí nghiệm ba trục tải trọng lặp mẫu bê tông nhựa chặt 19 ở các cấp tải

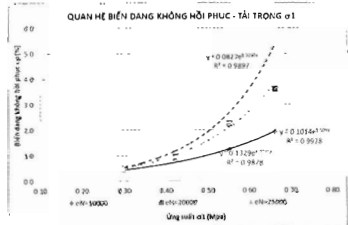


Hình 4.2: Biểu đồ biến dạng và tốc độ biến dạng với số lần gia tải (mẫu M4)

Bảng 4.3. Tổng hợp kết quả thí nghiệm

Tham số	s_1 (Mpa)			
	0,300	0,420	0,550	0,650
	Biến dạng không hồi phục e_p (%)			
$e_{N=10000}$	0,424	0,814	1,226	1,914
$e_{N=20000}$	0,498	1,091	2,241	3,603
$e_{N=25000}$	0,526	1,188	3,075	4,878
FN	28.571	9.798	7.960	

Hình 4.3 thể hiện quan hệ ứng suất chính s_1 và biến dạng không hồi phục e_p của hỗn hợp bê tông nhựa. Với cùng điều kiện nhiệt độ và áp lực hông, với số lần gia tải như nhau, quan hệ giữa biến dạng không hồi phục và ứng suất chính s_1 (hay áp lực nén dọc trục $s_{dọc}$) tuân theo quy luật hàm mũ $e_p = A.e^{B s_1}$ với độ tin cậy cao ($R^2 > 98\%$).



Hình 4.3: Biểu đồ quan hệ $e_p - s_1$

5. CÁC KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Một số kết luận bước đầu có được từ nghiên cứu:

- Với thiết bị thí nghiệm như Hình 3.1a,b thì hoàn toàn có thể thực hiện các thí nghiệm ba trục tĩnh hoặc thí nghiệm ba trục tải trọng lặp để xác định đặc trưng từ biến (với thí nghiệm tĩnh) và đặc trưng biến dạng không hồi phục (thí nghiệm động) ở các điều kiện áp lực dọc trục ($s_{dọc}$), áp lực hông (s_3), tốc độ gia tải, thời gian tác dụng của tải trọng và điều kiện nhiệt độ khác nhau. Điều

này rất có ý nghĩa đối với việc nghiên cứu đặc trưng biến dạng của bê tông asphalt với điều kiện thí nghiệm mô phỏng gần nhất điều kiện thực tế hiện trường của bê tông asphalt trong kết cấu áo đường mềm.

- Với cùng điều kiện nhiệt độ và áp lực hông, với số lần gia tải như nhau, quan hệ giữa biến dạng không hồi phục và ứng suất chính s_1 (hay áp lực nén dọc trục s_v) tuân theo quy luật hàm mũ $e_o = A \cdot e^{s_1}$ với độ tin cậy cao.

- Với hỗn hợp BTNC19 nghiên cứu, ở điều kiện nhiệt độ 60°C, mức áp lực hông 69 kPa và với áp lực dọc trục có chu kỳ 01s (thời gian tác dụng lực 0,1s, thời gian nghỉ 0,9s), có thể thấy: Khi áp lực dọc trục ($s_{\text{hông}}$) nhỏ (trường hợp $s_1 = 0,30$), đường cong biến dạng không hồi phục gồm hai giai đoạn 1 và 2. Khi áp lực dọc trục tăng lên (trường hợp $s_1 = 0,45, 0,55$ và $0,65\text{Mpa}$) đường cong biến dạng không hồi phục gồm đủ 3 giai đoạn. Giá trị FN thể hiện thời điểm đầu tiên của giai đoạn 3 và bê tông nhựa bắt đầu bị phá hoại cắt trượt. Giá trị s_1 càng lớn FN càng nhỏ, nghĩa là hỗn hợp nhanh bị phá hoại do cắt trượt.

Tài liệu tham khảo

[1]. AASHTO TP 79 (2015), *Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)*.

[2]. Quyết định số 858/QĐ-BGTVT (2014) *Hướng dẫn áp dụng Hệ thống các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành nhằm tăng cường quản lý chất lượng thiết kế và thi công mặt đường bê tông nhựa nóng đối với các tuyến đường ô tô có quy mô giao thông lớn*, Bộ GTVT.

[3]. Ngô Ngọc Quý, Trần Thị Kim Đăng (2019), *Nghiên cứu ban đầu về đặc tính từ biến của bê tông asphalt*, Tạp chí GTVT, số tháng 3, tr.39-43.

[4]. Trần Thị Kim Đăng, Trần Danh Hợp (2015), *Một số kết quả nghiên cứu ban đầu về đặc tính từ biến của mẫu hỗn hợp ATB và mẫu hai lớp ATB-Bê tông asphalt*, Tạp chí Cầu đường, số 4, tr.8-10.

[5]. Matthew W Witzczak (2002), *Simple performance test for superpave mix design*, vol.465, Transportation Research Board.

[6]. Matthew W Witzczak (2007), *Specification criteria for simple performance tests for rutting*, vol.580, Transportation Research Board.

Ngày nhận bài: 20/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2020

Người phản biện: TS. Trần Danh Hợp

TS. Nguyễn Quang Tuấn