

Nghiên cứu bước đầu các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của hỗn hợp Carboncor Asphalt bán mềm sử dụng trong xây dựng công trình giao thông

■ **TS. TRẦN DANH HỢI; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC^(*)**

Trường Đại học Giao thông vận tải

■ **ThS. NCS. NGUYỄN VIỆT ĐẠT**

UBND thị xã Sơn Tây, TP. Hà Nội

■ **TS. NGUYỄN VĂN TƯỜNG**

Công ty Cổ phần Carbon Việt Nam

Email: ^(*)nguyenquangphuc@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Mặt đường bán mềm với bộ khung bằng bê tông nhựa rỗng (độ rỗng dư 22 - 28%) đã được nghiên cứu và áp dụng ở nhiều nước trên thế giới cho các đoạn đường ở khu vực có quy mô giao thông nặng như làn dành cho xe buýt, đường ra, vào cảng... Với những ưu điểm của công nghệ Carboncor Asphalt là vật liệu bê tông nhựa nguội có khả năng chịu hằn lún tốt, bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về bê tông bán mềm với bộ khung Carboncor Asphalt. Các tính chất của bộ khung Carboncor Asphalt rỗng, vữa rót và các tính chất cơ bản của Carboncor Asphalt bán mềm như cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp được thực hiện trong phòng thí nghiệm cho thấy loại vật liệu này cơ bản đáp ứng được yêu cầu về cường độ đối với vật liệu làm lớp mặt đường ô tô ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Mặt đường bán mềm, vữa xi măng đặc biệt, Carboncor Asphalt.

ABSTRACT: Semi-flexible pavement with asphalt concrete frame (air voids from 22 to 28%) has been studied and applied for road sections with heavy traffic such as bus lanes, road surfaces to the ports... in many countries around the world. Due to the advantages of Carboncor Asphalt technology as a cold asphalt mixture with good rutting resistance, this paper introduces the result of the research on semi-flexible concrete with a Carboncor Asphalt frame. The properties of Carboncor asphalt frame, poured cement mortar and basic properties of Carboncor asphalt such as flexural strength and indirect tensile strength performed in the laboratory show that Semi-flexible pavement basically meets the strength requirements for road surfaces in Vietnam.

KEYWORDS: Semi-flexible pavement, modified cement mortar, Carboncor Asphalt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường bán mềm (semi-flexible pavement) là công nghệ mặt đường bao gồm bê tông nhựa cấp phối hở với độ rỗng dư cao được lấp đầy bằng cách bơm vữa xi măng đặc biệt. Mặt đường bán mềm được xây dựng không có khe co giãn, đồng thời cũng có khả năng kháng hằn lún tốt, cường độ cao, có khả năng kháng dầu. Những đặc điểm này cho phép sử dụng loại mặt đường này ở những đoạn đường có lưu lượng lớn và tốc độ xe chạy chậm. Mặt đường bán mềm đồng thời thể hiện các ưu điểm của mặt đường bê tông nhựa và bê tông xi măng [1-3], [5-10]. Gần đây, mặt đường bán mềm được sử dụng làm lớp mặt đường cao tốc, mặt cầu, đường hầm, khu công nghiệp có hoạt động của thiết bị hạng nặng, sân đỗ của máy bay (nơi có khả năng bị tràn hóa chất và nhiên liệu cao) ở một số nước châu Âu như Đức, Anh, Ý, Hà Lan và các nước châu Á như Trung Quốc, Malaysia, Singapore và Ấn Độ [6]. Tại Nhật Bản, hầu hết các đoạn đường ở trạm thu phí, bãi đỗ xe, trạm dừng nghỉ, đoạn đường dốc tại Nhật Bản đều sử dụng kết cấu mặt đường bán mềm [5]. Tại Việt Nam, đề tài nghiên cứu cấp Bộ (2017) do TS. Nguyễn Văn Thành chủ trì [5] đã tiến hành cả các nghiên cứu thực nghiệm trong phòng các chỉ tiêu cơ lý của mặt đường bán mềm và thi công thử nghiệm ở hiện trường.

Có thể thấy rằng, các nghiên cứu và ứng dụng trên thế giới cũng như ở Việt Nam về mặt đường bán mềm đều sử dụng bộ khung của mặt đường là bê tông nhựa rỗng với độ rỗng dư lớn hơn 20% và được chế tạo theo công nghệ trộn nóng rải nóng.

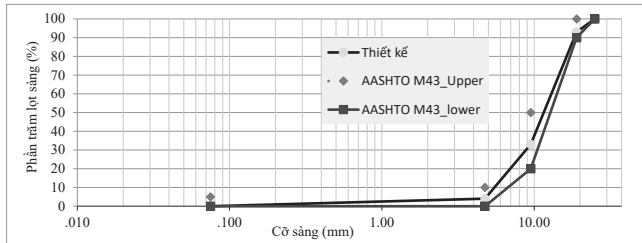
Carboncor Asphalt (CA) với thành phần gồm than đá thải (xít than đá), cốt liệu đá và nhũ tương sử dụng phụ gia đặc biệt, được chế tạo trong nhà máy theo công nghệ nguội được sử dụng khá phổ biến trong xây dựng và sửa chữa mặt đường ở Việt Nam. Loại vật liệu này chủ yếu được thiết kế với cấp phối chặt hoặc bán rỗng để làm các lớp mặt trong kết cấu áo đường ô tô [4].

Do vậy, nghiên cứu về mặt đường bán mềm sử dụng bộ khung bằng hỗn hợp Carboncor Asphalt thay thế cho bê tông nhựa nóng có tính mới, nhằm phát huy đồng thời ưu

điểm của công nghệ nguội của hỗn hợp Carboncor Asphalt và những đặc tính ưu việt của loại vật đường bán mềm.

2. CHUẨN BỊ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

Carboncor Asphalt được phối trộn theo cấp phối hơ tuần thủ Tiêu chuẩn AASHTO M 43. Thành phần cấp phối thiết kế của CA rỗng thể hiện trong Hình 2.1.



Hình 2.1: Cấp phối cốt liệu CA rỗng thiết kế

Vữa rót được tạo ra bằng cách trộn đều phụ gia STP-VN với xi măng PCB40 và nước theo một tỉ lệ quy định. Tỉ lệ phối trộn của hỗn hợp vữa xi măng với phụ gia STP-VN tham khảo Báo cáo nghiên cứu của Công ty TNHH Taiyu Việt Nam về vữa xi măng cải tiến dùng cho mặt đường bán mềm. Tỉ lệ khối lượng nước/(khối lượng STP-VN + xi măng) = 0,4. Tỉ lệ khối lượng xi măng/khối lượng STP-VN = 1,89.

Bảng 2.1: Tỉ lệ của hỗn hợp vữa xi măng + phụ gia STP

Hạng mục	Thành phần	Đối với 1 kg vữa xi măng
Tỉ lệ phối trộn	Nước (lít)	0,286
	Xi măng (kg)	0,467
	STP-VN (kg)	0,247
Lượng vữa xi măng	Khối lượng (kg)	1,00
	Thể tích (lít)	0,54

3. THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG

3.1. Thí nghiệm trong phòng xác định các chỉ tiêu của bộ khung cốt liệu CA rỗng

3.1.1. Chuẩn bị mẫu Marshall

Vật liệu Carboncor Asphalt rỗng với cấp phối thiết kế được sấy ở 135°C trong 4 h trước khi đúc mẫu. Các mẫu Marshall được chuẩn bị theo TCVN 8860-1:2011 với số chày đầm là 50 chày/mặt mẫu.

Các mẫu CA rỗng được bảo dưỡng trong 7 ngày đêm ở nhiệt độ phòng trước khi làm thí nghiệm xác định các chỉ tiêu của hỗn hợp CA rỗng.



Hình 3.1: Chuẩn bị các mẫu CA rỗng

3.1.2. Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của mẫu CA rỗng

Tương tự như yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông nhựa rỗng trộn nóng theo Quyết định số 189/QĐ-BGTVT, các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu của hỗn hợp CA rỗng được xác định trong nghiên cứu này theo Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp CA rỗng

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Số mẫu	Phương pháp thử
1	Khối lượng thể tích (g/cm³)	3	TCVN 8860-5
2	Độ bền Marshall, kN	3	TCVN 8860-1
3	Độ dẻo Marshall, mm	3	TCVN 8860-1
4	Độ rỗng dư, %	3	TCVN 8860-9
5	Độ rỗng liên thông, %	3	Phụ lục B, 189/QĐ-BGTVT

3.2. Thí nghiệm trong phòng xác định các chỉ tiêu của vữa rót

Trộn vữa xi măng với phụ gia STP-VN và nước theo tỉ lệ thiết kế. Trộn đều hỗn hợp trong thùng trộn trong thời gian 180s để hỗn hợp đồng đều. Sau đó, đúc các mẫu vữa lập phương (50x50x50)mm và các mẫu dầm (40x40x160)cm. Các mẫu này được bảo dưỡng trong 7 ngày trước khi làm thí nghiệm.

Bảng 3.2. Số lượng mẫu thí nghiệm cường độ nén và cường độ kéo uốn

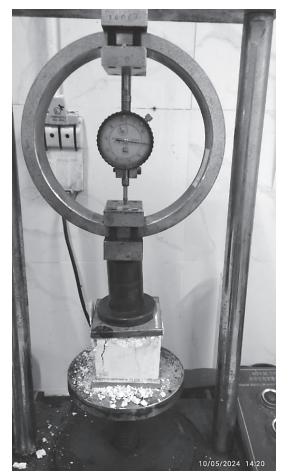
TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Số mẫu	Phương pháp thử
1	Độ chảy (độ nhớt), s	3	ASTM C939
2	Cường độ chịu nén (mẫu 7 ngày tuổi), MPa	3	TCVN 3121-11:2003
3	Cường độ chịu kéo khi uốn (mẫu 7 ngày tuổi), MPa	3	TCVN 3121-11:2003



a) - Mẫu thí nghiệm vữa



b) - Thí nghiệm cường độ kéo uốn



c) - Thí nghiệm nén

Hình 3.2: Thí nghiệm cường độ nén và cường độ kéo uốn vữa rót

3.3. Thí nghiệm trong phòng xác định các chỉ tiêu của hỗn hợp bê tông bán mềm

3.3.1. Công tác chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Công tác chuẩn bị mẫu thí nghiệm của CA bán mềm và bảo dưỡng mẫu được thực hiện các bước trong Bảng 3.3.

Riêng đối với mẫu thí nghiệm cường độ kéo uốn, sau khi bảo dưỡng mẫu 14 ngày, tiến hành cắt mẫu tẩm thành các mẫu dầm với kích thước (30x5x5)cm.

Bảng 3.3. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm CA bán mềm

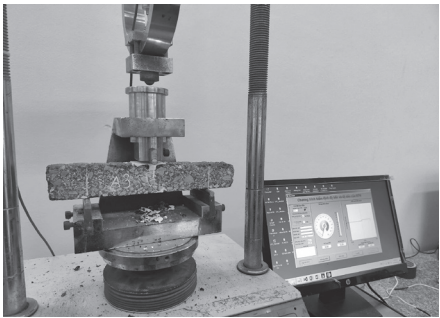
Chỉ tiêu kỹ thuật	Loại mẫu	Số mẫu	Chế tạo và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm	
			Giai đoạn 1	Giai đoạn 2
Cường độ kéo gián tiếp ở trạng thái khô	Mẫu trụ đường kính 100 mm	3 mẫu	- Đúc mẫu Carboncor Asphalt rỗng và bảo dưỡng trong 7 ngày ở nhiệt độ phòng.	- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 7 ngày ở nhiệt độ phòng.
		3 mẫu		- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 14 ngày ở nhiệt độ phòng.
		3 mẫu		- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 28 ngày ở nhiệt độ phòng.
Cường độ chịu kéo khi uốn, MPa	Mẫu dạng hình chữ nhật (32x26x5)cm	1 tấm	- Đúc mẫu Carboncor Asphalt rỗng và bảo dưỡng trong vòng 7 ngày ở nhiệt độ phòng.	- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 7 ngày ở nhiệt độ phòng.
		1 tấm		- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 14 ngày ở nhiệt độ phòng.
		1 tấm		- Rót vữa lấp đầy lỗ rỗng; - Bảo dưỡng mẫu trong 28 ngày ở nhiệt độ phòng.



a) - Mẫu thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn
b) - Mẫu thí nghiệm cường độ kéo gián tiếp
Hình 3.3: Chuẩn bị mẫu CA bán mềm

3.3.2. Thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp

- Thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn được tiến hành với các mẫu dầm có kích thước (30x5x5)cm ở nhiệt độ 15°C theo hướng dẫn Phụ lục A Quyết định số 189/QĐ-BGTVT.
- Thí nghiệm cường độ kéo gián tiếp (ITS) được thực hiện trên các mẫu hình trụ tròn có đường kính 10 cm ở nhiệt độ 25°C theo TCVN 8862.



Hình 3.4: Thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÌNH LUẬN

4.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp CA rỗng

Kết quả thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp CA rỗng được thể hiện trong Bảng 4.1. Các chỉ tiêu của các mẫu CA rỗng sau 7 ngày bảo dưỡng thỏa mãn yêu

cầu đối với bộ khung bê tông nhựa rỗng của mặt đường bán mềm theo Quyết định số 189/QĐ-BGTVT [1].

Bảng 4.1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp CA rỗng

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Yêu cầu	Kết quả thí nghiệm	Đánh giá
1	Khối lượng thể tích (g/cm³)	≥ 1,9	2,06	Đạt
2	Độ ổn định Marshall, kN	≥ 3,0	3,7	Đạt
3	Độ dẻo Marshall, mm	2,0 - 4,0	2,2	Đạt
4	Độ rỗng dư, %	22 - 28	23,60	Đạt
5	Độ rỗng liên thông, %	≥ 13	18,07	Đạt

4.2. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp vữa rót

Kết quả thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật với vữa rót được thể hiện ở Bảng 4.2. Kết quả này phù hợp với yêu cầu kỹ thuật về vữa rót theo Quyết định 189/QĐ-BGTVT [1].

Bảng 4.2. Kết quả thí nghiệm vữa rót

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Yêu cầu	Kết quả thí nghiệm	Đánh giá
1	Độ chảy (độ nhớt), s	10 - 14	13	Đạt
2	Cường độ chịu nén (7 ngày tuổi), MPa	15 - 36	18,50	Đạt
3	Cường độ chịu kéo khi uốn (7 ngày tuổi), MPa	≥ 2,0	3,75	Đạt

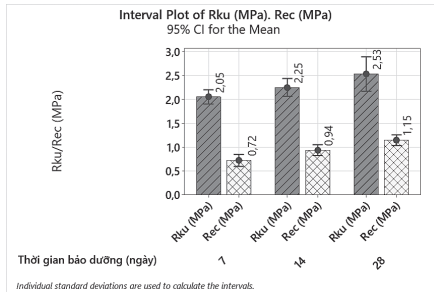
4.3. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp của CA bán mềm

Các kết quả thí nghiệm cường độ kéo gián tiếp ở 25°C và cường độ chịu kéo uốn ở 15°C với các ngày tuổi 7, 14 và 28 được thể hiện ở Bảng 4.3 và biểu đồ Hình 4.1.

Bảng 4.3. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp

Thời gian bảo dưỡng (ngày)	Cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku} (MPa)	Cường độ kéo gián tiếp R_{ec} (MPa)
7	2,11	0,67
7	1,99	0,73
7	2,06	0,77
14	2,33	0,89

Thời gian bảo dưỡng (ngày)	Cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku} (MPa)	Cường độ kéo gián tiếp R_{ec} (MPa)
14	2,18	0,95
14	2,25	0,98
28	2,67	1,15
28	2,55	1,10
28	2,38	1,19



Hình 4.1: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp

Cường độ kéo gián tiếp ở 25°C và cường độ chịu kéo uốn ở 15°C của các mẫu CA bán mềm đều tăng lên khi tuổi mẫu thí nghiệm tăng lên từ 7 đến 28 ngày tuổi. Sự thay đổi cường độ theo tuổi mẫu của bê tông bán mềm là do ảnh hưởng của thành phần vữa xi măng trong hỗn hợp. Các giá trị cường độ kéo gián tiếp ở 25°C và cường độ chịu kéo uốn ở 15°C ở 28 ngày tuổi đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông bán mềm được quy định trong Quyết định số 189/QĐ-BGTVT.

Xây dựng mối tương quan tuyến tính giữa cường độ chịu kéo khi uốn (R_{ku}) và cường độ kéo gián tiếp (R_{ec}) có dạng:

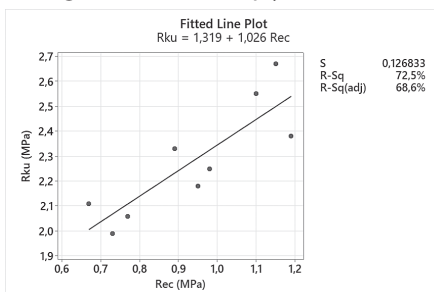
$$Y = a.X + b \quad (1)$$

(Y - Cường độ chịu kéo khi uốn ở 15°C; X - Cường độ kéo gián tiếp ở 25°C)

Sử dụng phần mềm Minitab để phân tích cho kết quả sau:

- Phương trình tương quan: $R_{ku} = 1,319 + 1,026 R_{ec}$

- Các hệ số quyết định R^2 và R^2_{adj} lần lượt bằng 72,5% và 68,6%, chứng tỏ mô hình hồi quy tìm được là mô hình tốt.



Hình 4.2: Tương quan giữa cường độ chịu kéo khi uốn (R_{ku}) và cường độ kéo gián tiếp (R_{ec})

5. KẾT LUẬN VÀ CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

5.1. Kết luận

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

- Có thể chế tạo thành công hỗn hợp CA bán mềm với bộ khung CA rỗng trong phòng thí nghiệm.
- Bộ khung CA rỗng có thể đáp ứng các yêu cầu kỹ

thuật cơ bản như bộ khung bê tông nhựa rỗng sử dụng làm mặt đường bán mềm theo Quyết định số 189/QĐ-BGTVT.

- Cường độ kéo gián tiếp ở 25°C và cường độ chịu kéo uốn ở 15°C tăng lên theo số ngày tuổi thí nghiệm và đạt yêu cầu quy định đối với bê tông bán mềm theo Quyết định số 189/QĐ-BGTVT tương ứng với tuổi mẫu 28 ngày.

- Đã xây dựng được phương trình tương quan giữa cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ kéo gián tiếp.

5.2. Các định hướng nghiên cứu tiếp theo

- Tiếp tục nghiên cứu trong phòng thí nghiệm về các chỉ tiêu kỹ thuật của CA bán mềm như khả năng kháng hàn lún, khả năng kháng mỏi và khả năng kháng ẩm.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2024-CT-001.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ GTVT (2020), *Quy định tạm thời về thiết kế, thi công và nghiệm thu lớp bê tông bán mềm*, Quyết định số 189/QĐ-BGTVT.
- [2]. Đào Văn Đông (2011), *Nghiên cứu ứng dụng mặt đường bán mềm cho xây dựng mặt đường cấp cao ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số tháng 5, tr.22-23, 47.
- [3]. Nguyễn Ngọc Lân, Phạm Thị Thanh Thủy, Lê Hoàng Sơn, Nguyễn Long (6/2023), *Thực nghiệm đánh giá cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của bê tông bán mềm*, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, tập 74, số 5, 597-610.
- [4]. Nguyễn Quang Phúc, Trần Thị Cẩm Hà, Nguyễn Văn Tường (6/2024), *Nghiên cứu các thông số của lớp Carboncor Asphalt khi thiết kế kết cấu áo đường mềm ở Việt Nam*, Tạp chí Khoa học GTVT, tập 75, số 5, 1750-1762.
- [5]. Nguyễn Văn Thành (2017), *Nghiên cứu ứng dụng mặt đường bán mềm (semi-flexible pavement) trong xây dựng đường ô tô tại Việt Nam*, Đề tài cấp Bộ, mã số DT164028.
- [6]. Abdulsahib, I., Hilal, M. M., & Fattah, M. Y. (2023), *Semi-Flexible Pavement: A Review of Design and Performance Evaluation*, In E3S Web of Conferences, vol.427, p.03001, EDP Sciences.
- [7]. Al-Nawasir, R. I., & Al-Humeidawi, B. H. (2023), *A scientometric study and a bibliometric review of the literature on the design and construction of semi-flexible pavement*.
- [8]. Hassani, A., Taghipoor, M., & Karimi, M. M. (2020), *A state of the art of semi-flexible pavements: Introduction, design and performance*, Construction and Building Materials, 253, 119196.
- [9]. Tian-qing, L. I. N. G., Xiao-wei, Z. H. E. N. G., Meng, L. I. N. G., Chu-hua, X. I. O. N. G., & Qiang, D. O. N. G. (2010), *Research on performance of water-retention and temperature-fall semi-flexible pavement material*, China Journal of Highway and Transport, 23(2), 7.
- [10]. T/CECS G:D51-01-2019, *灌注式半柔性路面铺装层设计与施工技术规范* (Tiêu chuẩn thiết kế và xây dựng mặt đường bán mềm).

Ngày nhận bài: 01/11/2024

Ngày nhận bài sửa: 13/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 26/11/2024