



## EVALUATION OF COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF SEMI-FLEXIBLE CONCRETE

Nguyen Ngoc Lan<sup>\*1</sup>, Pham Thi Thanh Thuy<sup>2</sup>, Le Hoang Son<sup>2</sup>, Nguyen Long<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>People's Committee of Long Thanh District, Dong Nai Province, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 11/04/2023

Revised: 09/06/2023

Accepted: 12/06/2023

Published online: 15/06/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.5.4>

\* *Corresponding author:*

Email: nguyenngooclan@utc.edu.vn; Tel: +84902119278

**Abstract.** Asphalt pavement has the disadvantages of low thermal stability and high deformation due to the effect of loads, cement concrete pavement has the disadvantages of low smoothness, long traffic time, complex maintenance and repair. Semi-flexible pavement solution can balance the performance of asphalt pavement and cement concrete pavement, overcoming the disadvantages of these two types of pavement. The working principle of semi-flexible pavement is to combine the performance of cement concrete and asphalt concrete by filling the voids of the porous asphalt by modified cementitious mortar. This paper presents experimental results of evaluation of compressive strength and tensile strength of semi-flexible concrete using modified cement studied and produced to fill the air voids of porous asphalt concrete. Experimental results show that, modified cement products used for semi-flexible pavement have a water content of 38-43%. When the porous asphalt has equal air voids, the type of aggregate (basalt and limestone) does not affect the compressive strength and the flexural strength of the semi-flexible concrete. If the criteria of compressive strength of semi-flexible concrete at 1 day is 5.0 MPa, compressive strength of test samples is 64% higher, and if the criteria of flexural tensile strength at 7 days is 2.5 MPa, the flexural tensile strength of the test samples is 67% higher.

**Keywords:** semi-flexible pavement, modified cement, semi-flexible concrete, tensile strength



## THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN VÀ CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO CỦA BÊ TÔNG BÁN MỀM

Nguyễn Ngọc Lâm<sup>\*1</sup>, Phạm Thị Thanh Thủy<sup>1</sup>, Lê Hoàng Sơn<sup>2</sup>, Nguyễn Long<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Ủy Ban nhân dân Huyện Long Thành, Tỉnh Đồng Nai, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 11/04/2023

Ngày nhận bài sửa: 09/06/2023

Ngày chấp nhận đăng: 12/06/2023

Ngày xuất bản Online: 15/06/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.5.4>

\* Tác giả liên hệ:

Email: nguyenngoclan@utc.edu.vn; Tel: +84902119278

**Tóm tắt.** Mặt đường bê tông nhựa có nhược điểm là tính ổn định nhiệt kém và biến dạng lớn khi chịu tác dụng của tải trọng, mặt đường bê tông xi măng có nhược điểm là tính êm thuận kém, thời gian thông xe lâu, quá trình bảo trì, sửa chữa phức tạp. Giải pháp mặt đường bê tông bán mềm có thể cân bằng được các tính năng của mặt đường bê tông nhựa và mặt đường bê tông xi măng, khắc phục được các nhược điểm của hai loại mặt đường này. Nguyên lý làm việc của mặt đường bán mềm là kết hợp những tính năng của bê tông xi măng và bê tông nhựa bằng cách lấp đầy các lỗ rỗng của bộ khung bê tông nhựa bằng vữa gốc xi măng biến tính. Bài báo này trình bày kết quả thực nghiệm đánh giá cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của bê tông bán mềm sử dụng xi măng biến tính được nghiên cứu chế tạo để lấp đầy lỗ rỗng bê tông nhựa. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, sản phẩm xi măng biến tính sử dụng cho bê tông bán mềm có hàm lượng nước hợp lý từ 38-43 %. Khi bê tông nhựa rỗng có độ rỗng dư bằng nhau, loại cốt liệu (đá bazan và đá vôi) không ảnh hưởng đến cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông bán mềm. Nếu lấy giới hạn cường độ chịu nén ở 1 ngày tuổi của bê tông bán mềm là 5,0 MPa, thì cường độ chịu nén của các mẫu thí nghiệm cao hơn trung bình 64 %, và nếu lấy giới hạn cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông bán mềm ở 7 ngày tuổi là 2,5 MPa thì kết quả thí nghiệm của các mẫu thử cao hơn trung bình 67 %.

**Từ khóa:** Mặt đường bán mềm, Xi măng biến tính, Bê tông bán mềm, cường độ chịu kéo

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo quan điểm thiết kế và mục đích sử dụng, mặt đường được phân loại thành mặt đường mềm và mặt đường cứng. Do những ưu điểm về mặt khai thác, bảo trì, sửa chữa và khả năng tái chế nên mặt đường mềm (bê tông nhựa) được sử dụng phổ biến trong xây dựng đường ô tô hiện nay. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác mặt đường bê tông nhựa luôn đối mặt với các dạng hư hỏng như nứt, lún vệt hằn bánh xe, đặc biệt là với mặt đường thường xuyên chịu tải trọng xe nặng [1, 2]. Thay vào đó, mặt đường cứng (bê tông xi măng) có tính ổn định nhiệt và khả năng chịu tải trọng xe nặng tốt hơn có thể được sử dụng thay thế, nhưng vấn đề thời gian khai thác sau khi thi công xong và tính êm thuận cũng như khả năng bảo trì và sửa chữa trong quá trình vận hành là những nhược điểm của loại kết cấu mặt đường này [3]. Để khắc phục những hạn chế, nâng cao hiệu quả khai thác của cả mặt đường mềm và mặt đường cứng, dẫn đến yêu cầu tìm kiếm các giải pháp mặt đường để có thể kết hợp đặc tính cường độ cao của vật liệu bê tông xi măng và tính linh hoạt của vật liệu asphalt. Một giải pháp thay thế đó chính là mặt đường bán mềm (semi-flexible pavement - SFP)[4, 5]. Mặt đường bán mềm lần đầu tiên được giới thiệu ở Pháp vào năm 1960 sau đó đã được sử dụng rộng rãi ở Châu Âu trong 40 năm qua. Vào đầu những năm 1970, mặt đường bán mềm đã được thử nghiệm bởi công binh lục quân Hoa Kỳ tại Trung tâm thí nghiệm mặt đường. Mặt đường bán mềm được gọi với nhiều tên khác nhau ở các vùng khác nhau, loại mặt đường này còn được gọi là mặt đường nửa cứng, mặt đường composite, hỗn hợp bê tông nhựa-xi măng Portland, mặt đường nhựa cải tiến hoặc đá dăm rải vữa (Grouted Macadam). Mặc dù có những tên gọi khác nhau nhưng nguyên lý làm việc vẫn là kết hợp những tính năng của mặt đường bê tông xi măng và mặt đường bê tông nhựa bằng cách lấp đầy các lỗ rỗng của khung bê tông nhựa với độ rỗng 25-35% bằng vữa xi măng cường độ cao [6, 7, 8, 9]. Do các ưu điểm của việc thi công không có mối nối, cường độ cao, không thấm nước, độ bền cao và kháng nhiên liệu, nên mặt đường SFP có thể được áp dụng để xây dựng và cải tạo các khu vực có mật độ giao thông cao, như sân công nghiệp, bến xe buýt, khu vực đỗ xe, sân ga và các khu vực khác [9]. Do bê tông bán mềm là sự kết hợp của hai loại vật liệu là bê tông nhựa rỗng và hồ composite gốc xi măng nên tính năng của bê tông này phụ thuộc nhiều vào tính chất của bê tông nhựa rỗng và tính chất của hồ composite gốc xi măng. Yang và Weng đã nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau như độ rỗng dư của hỗn hợp bê tông nhựa, tỷ lệ nước/xi măng của vữa xi măng, vật liệu lớp dưới và chiều dày của SFP đến độ bền của SFP [11]. Kết quả chỉ ra rằng độ rỗng dư của hỗn hợp bê tông nhựa rỗng ảnh hưởng lớn nhất đến tính năng cơ học của SFP, và độ rỗng dư bằng 26% của bê tông nhựa rỗng được đề xuất cho SFP mặt đường sân bay. Tác giả Dinh và các cộng sự cũng đã chỉ ra rằng độ rỗng cao sẽ dẫn đến hỗn hợp SFP có tính ổn định nhiệt cao hơn so với hỗn hợp bê tông nhựa thông thường [12]. Setyawan đã tiến hành nghiên cứu về đặc tính chịu nén của SFP khi xét đến các yếu tố như kích thước cốt liệu, vữa xi măng và loại bitum [13]. Do tính công tác cao, nên độ bền và khả năng tự thấm là những yêu cầu rất quan trọng đối với vữa xi măng, nên các nghiên cứu quan trọng đã được thực hiện trên các thành phần, công thức và tính chất vật lý của vữa xi măng. Tính năng của vữa xi măng với việc bổ sung phụ gia muối si-líc, tro bay và các loại phụ gia siêu dẻo và phụ gia trương nở khác nhau với các liều lượng khác nhau đã được nghiên cứu nhiều trong những năm gần đây [14, 15, 16, 17]. Kết quả đã chỉ ra rằng, tất cả các vật liệu pozzolanic và phụ gia hóa học trong nghiên cứu đều cải thiện tính công tác, độ bền và tính chất co ngót của vữa xi măng. Ngoài ra, để cải thiện tính công tác tốt hơn, hồ xi măng có thể được sử dụng để thay thế cho vữa xi măng. Kết quả nghiên cứu của A. Setyawan [13], cũng đã kết luận rằng cường độ chịu nén của bê tông bán mềm phụ thuộc vào bộ khung cấu trúc của bê tông nhựa rỗng và tương tác với hồ gốc xi măng. Trong nghiên cứu của QJ Ding và các cộng sự [12] cũng đã tiến hành đánh giá tính

năng của bê tông bán mềm và kết luận rằng, độ ổn định nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp của bê tông bán mềm cao hơn so với bê tông nhựa thông thường, và tính năng của bê tông bán mềm tốt hơn khi độ rỗng của bê tông nhựa rỗng tăng lên.

Bê tông bán mềm đã được nghiên cứu ứng dụng ở Việt Nam trước đây [18, 19]. Trong các nghiên cứu trên tất cả hồ xi măng đều được tạo ra bằng cách sử dụng xi măng thường hoặc xi măng hỗn hợp trộn với phụ gia siêu dẻo và một số phụ gia khác để đạt được các yêu cầu kỹ thuật cho bê tông bán mềm. Công nghệ này có nhược điểm là chất lượng của hồ composite và của bê tông bán mềm kém ổn định do mức độ biến động của xi măng. Trong chương trình hợp tác giữa Trường Đại học Giao thông vận tải (UTC) với Công ty Sika hữu hạn Việt Nam (Sika), nhóm nghiên cứu hai bên đã tiến hành nghiên cứu chế tạo ra được một loại bột tổng hợp trên cơ sở xi măng portland và các phụ gia dạng bột có tên thương mại là Sika Grout – 301 SFP. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá các tính chất của Sika Grout – 301 SFP và bê tông bán mềm.

## 2. VẬT LIỆU VÀ CHẾ TẠO MẪU BÊ TÔNG BÁN MỀM

### 2.1 Bê tông nhựa rỗng

Hỗn hợp bê tông nhựa rỗng BTNR 12,5 được chế tạo bởi đá dăm có  $D_{max}$  bằng 12,5 mm, cát nghiền có  $D_{max}$  bằng 4,75 mm, bột đá vôi và nhựa đường loại 60/70. Các chỉ tiêu kỹ thuật của nhựa đường được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của bitum 60/70.

Điều kiện	Các chỉ tiêu	Kết quả	Tiêu chuẩn thí nghiệm
Không hóa già	Độ kim lún 25 °C, 0.1 mm	66	ASTM D 5
	Điểm chớp cháy, °C	253	ASTM D 92
	Điểm hóa mềm, °C	49.5	ASTM D 36
	Độ kéo dài ở 25 °C, cm	>100	ASTM D 113
	Độ nhớt, Pa.s	0,385	AASHTO T316
Hóa già ngắn hạn (RTFO)	G*/sinδ ở 64 °C, kPa	1,15	AASHTO T315
	G*/sinδ ở 70 °C, kPa	2,62	

Hai nguồn cốt liệu đã được sử dụng cho nghiên cứu, một nguồn được lấy ở mỏ đá Sunway (Quốc Oai, Hà Nội) gốc đá bazan, nguồn còn lại được lấy ở mỏ đá Phong Điền (Phủ Lý, Hà Nam) nguồn gốc đá vôi. Bảng 2 thể hiện các chỉ tiêu kỹ thuật của hai nguồn cốt liệu này.

Bảng 2. Các chỉ tiêu kỹ thuật của cốt liệu.

Chỉ tiêu	Đá 10-16		Đá 5-10		Đá 0-5		Bột đá
	Đá Bazan	Đá Vôi	Đá Bazan	Đá Vôi	Đá Bazan	Đá Vôi	
Tỷ trọng khối ( $G_{sb}$ )	2,818	2,687	2,846	2.705	2,849	2.702	2.712

Độ hấp phụ, %	0,218	0,227	0,278	0,365	0,416	0,517	-
Hàm lượng sét, %	0,23	0,35	0,45	0,67	-	-	-
Hàm lượng thoi dẹt, %	12,56	11,26	10,05	8,41	-	-	-
Mô đun độ lớn	-	-	-	-	-	3,48	-
Độ hao mòn LA, %	17,89	23,48	-	-	-	-	-
Hệ số đương lượng cát	-	-	-	-	-	73,9	-
Chỉ số dẻo	-	-	-	-	-	-	1,09

Phương pháp Marshall được sử dụng để thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa rỗng, tỷ lệ các thành phần được xác định theo TCVN 8820: 2011. Các nghiên cứu trước đây đã cho thấy rằng, độ rỗng dư ảnh hưởng đáng kể đến tính năng của bê tông bán mềm, do vậy độ rỗng dư của BTNR được lựa chọn từ 25% đến 35 % [20, 21, 22]. Hình 1 thể hiện thành phần hạt của bê tông nhựa rỗng.

Các chỉ tiêu của BTNR ứng với hàm lượng bitum tối ưu được thể hiện như ở Bảng 3.

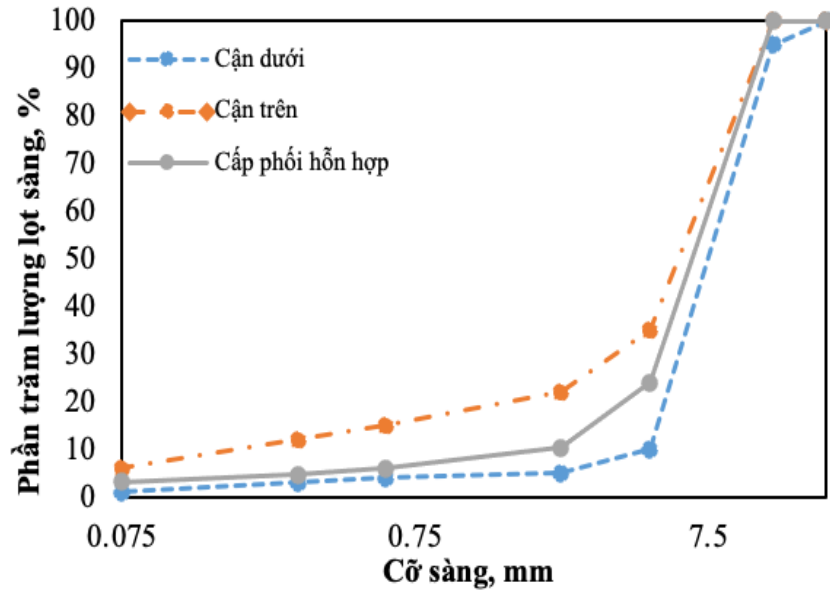
Bảng 3. Các chỉ tiêu kỹ thuật của BTNR ứng với hàm lượng bitum tối ưu.

Chỉ tiêu	Kết quả thí nghiệm ứng với các nguồn đá khác nhau		Quy định QĐ 189/QĐ-BGTVT	Tiêu chuẩn thí nghiệm
	Đá bazan	Đá vôi		
Độ ổn định Marshall, kN	4,9	4,2	$\geq 3,0$	TCVN 8860-1:2011
Độ dẻo Marshall, mm	3,8	3,7	2,0-4,0	TCVN 8860-1:2011
Độ rỗng dư, %	25,5	25,8	22 – 28	TCVN 8860-9:2011
Độ rỗng liên thông, %	14,5	15,1	$\geq 13$	Phụ lục B: QĐ 189/QĐ-BGTVT
Độ chảy nhựa, %	0,00	0,00	$\leq 1,0$	TCVN 8860-11:2011

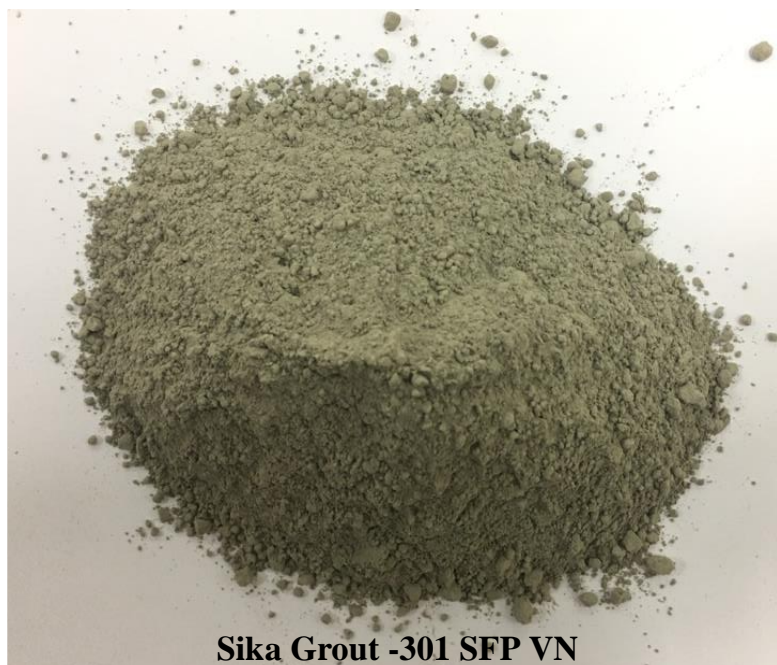
Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của BTNR sử dụng hai nguồn cốt liệu đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật theo Quyết định Số 189/QĐ-BGTVT.

## 2.2 Xi măng biến tính

Một loại bột xi măng biến tính được hợp tác nghiên cứu, chế tạo bởi Công ty TNHH Sika Việt Nam và Trường Đại học Giao thông vận tải có mã Sika Grout -301 SFP VN phù hợp cho các đặc tính của bê tông bán mềm (Hình 2).



Hình 1. Thành phần cấp phối hạt của BTNR.



Hình 2. Chất kết dính Sika Grout – 301 SFP.

Sika Grout – 301 SFP có thành phần bao gồm xi măng portland thường (PC), phụ gia cải thiện độ nhớt, phụ gia cải thiện thời gian đóng rắn và phụ gia chống co ngót. Các chỉ tiêu kỹ thuật của Sika Grout – 301 SFP ứng với các hàm lượng nước 37%, 39 %, 41 %, 43% và 45% được thể hiện như ở Bảng 4.

Bảng 4. Các chỉ tiêu kỹ thuật của Sika Grout – 301 SFP.

Chỉ tiêu	Giá trị kết quả ứng với các hàm lượng nước					Tiêu chuẩn thí nghiệm
	37%	39%	41%	43%	45%	
Thời gian chảy (3 phút), giây	15,2	14,4	13,60	12,7	11,1	ASTM C939
Thời gian chảy (30 phút), giây	14,9	14,1	13,91	12,3	10,8	ASTM C939
Cường độ nén 1 ngày, MPa	17,7	15,8	14,85	13,19	12,94	EN 12190
Cường độ nén 7 ngày, MPa	52,45	51,76	50,90	50,12	48,65	EN 12190
Cường độ nén 28 ngày, MPa	72,14	71,43	70,24	68,98	67,21	EN 12190
Cường độ kéo uốn 7 ngày	6,21	5,79	5,12	5,03	4,89	AASHTO TP105

### 2.3 Chế tạo mẫu thí nghiệm bê tông bán mềm

Các mẫu bê tông nhựa rỗng được chế tạo để đảm bảo độ rỗng dư  $25 \pm 0,5\%$ , có đường kính bằng 100 mm, chiều cao bằng  $63 \pm 1,0$  mm. Chất kết dính Sika Grout – 301 SFP được trộn với nước tương ứng với các tỷ lệ 37%, 39%, 41%, 43% và 45%, sau đó tiến hành rót vào các mẫu bê tông nhựa rỗng như thể hiện ở Hình 3a.



(a) Rót hồ chất kết dính vào mẫu BTNR



(b) Mẫu bê tông bán mềm ở 1 ngày

Hình 3. Chế tạo mẫu bê tông bán mềm.

Các mẫu bê tông nhựa rỗng sau khi rót hồ xi măng được bảo dưỡng ở nhiệt độ  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  theo các ngày tuổi 1 ngày, 3 ngày và 7 ngày. Hình 3b thể hiện mẫu bê tông bán mềm ở 1 ngày tuổi.

Số mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của một tổ mẫu tương ứng với các hàm lượng nước khác nhau, loại cốt liệu khác nhau và tuổi bảo dưỡng khác nhau là 03 mẫu. Như vậy, tổng số mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén là 33 mẫu, tổng số mẫu

cường độ chịu kéo khi uốn là 06 mẫu. Các kết quả thí nghiệm của các tổ mẫu được đánh giá để loại bỏ giá trị ngoại lai theo tiêu chuẩn ASTM E178.

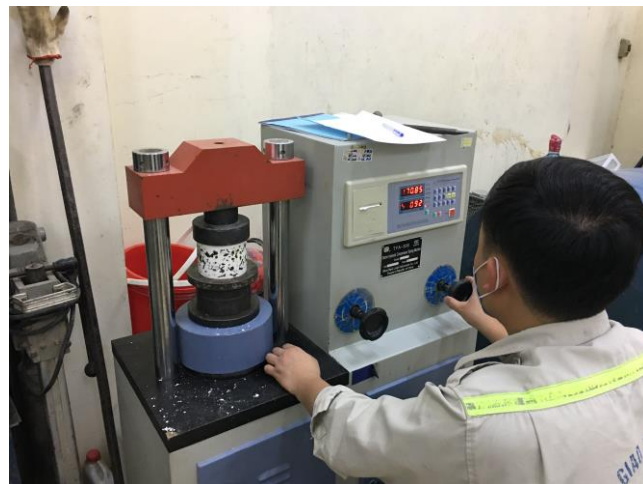
### 3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ

#### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến độ nhớt của hồ xi măng và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm

Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng nước đến độ nhớt và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm, các hàm lượng nước được lựa chọn lần lượt là 37%, 39%, 41%, 43% và 45% theo khối lượng của bột Sika grout 301 SFP VN. Thí nghiệm đo độ nhớt được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM - C939 thông qua thời gian chảy (Flow Time-FT) qua phễu tiêu chuẩn (Hình 4), thí nghiệm xác định cường độ chịu nén được thực hiện theo tiêu chuẩn EN 12190 như ở Hình 5.



Hình 4. Thí nghiệm độ nhớt hồ xi măng.

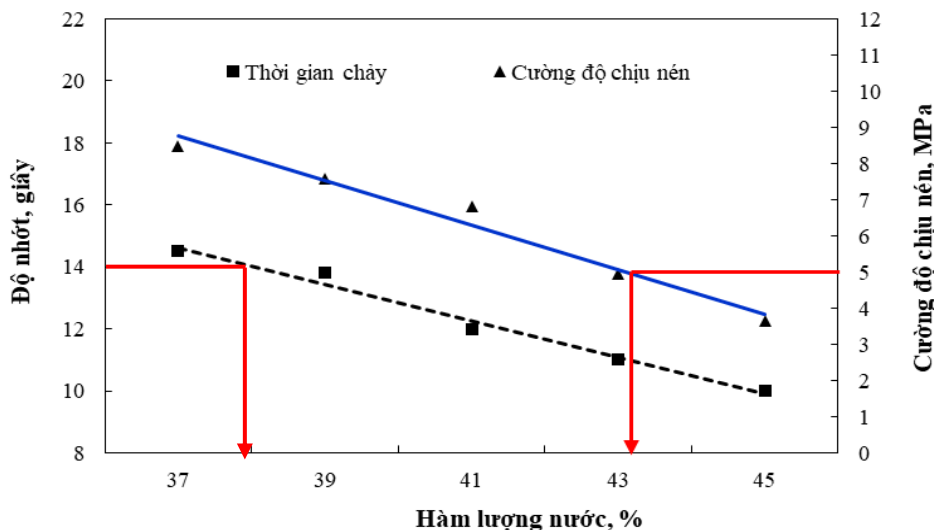


Hình 5. Thí nghiệm cường độ chịu nén.

Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng nước đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm, nghiên cứu sử dụng các mẫu bê tông asphalt rỗng được chế tạo từ nguồn cốt liệu đá bazan. Các kết quả thí nghiệm độ nhớt của hồ Sika grout 301 SFP VN và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm được thể hiện như ở Hình 6 cho thấy rằng, khi tăng hàm lượng nước từ 37% lên 45%, thời gian hồ Sika grout 301 SFP VN chảy qua phễu tiêu chuẩn và cường độ chịu nén



của bê tông bán mềm giảm xuống.

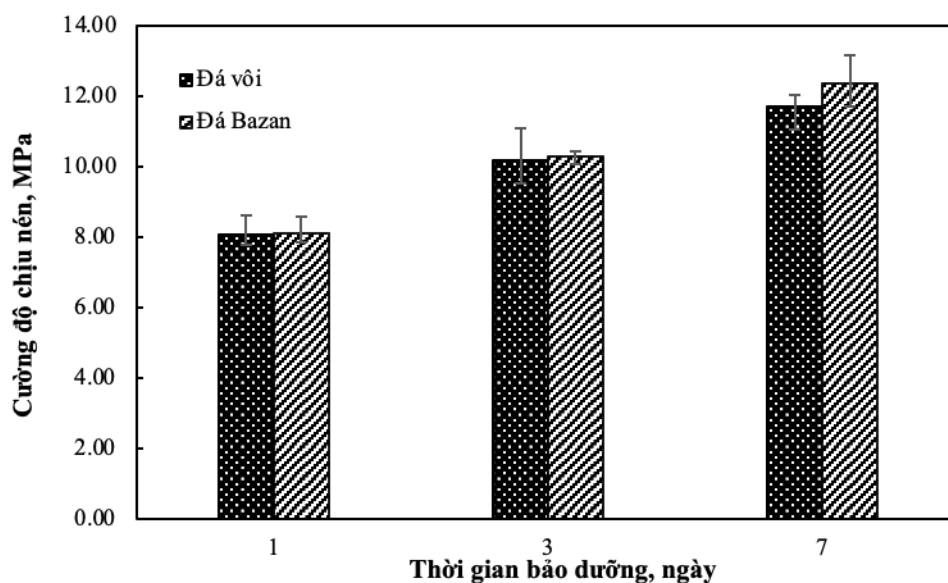


Hình 6. Tương quan giữa hàm lượng nước với độ nhớt hồ xi măng và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm.

Nếu lấy giá trị quy định thời gian chảy của hồ xi măng qua phễu tiêu chuẩn từ 10-14 giây và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm tối thiểu sau 1 ngày là 5,0 MPa theo QĐ 198/QĐ-GTVT thì hàm lượng nước hợp lý là 38-43%.

### 3.2. Ảnh hưởng của nguồn cốt liệu đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm

Trên cơ sở hàm lượng nước hợp lý của Sika grout 301 SFP VN xác định được từ 38 % đến 43 %, nghiên cứu lựa chọn hàm lượng nước là 39% để đánh giá ảnh hưởng của loại cốt liệu đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm. Hai loại cốt liệu gốc đá vôi ở Phú Lý, Hà Nam và đá bazan ở Quốc Oai, Hà Nội đã được lựa chọn đánh giá. Cường độ chịu nén được xác định ở 1 ngày, 3 ngày và 7 ngày tuổi. Kết quả được thể hiện như ở Hình 7.



Hình 7. Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm.

Phân tích đánh giá phương sai ANOVA thể hiện như ở Bảng 5 cho thấy rằng, loại cốt liệu không ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm ( $p > 0.05$ ) nhưng thời gian bảo dưỡng có ảnh hưởng đến cường độ chịu nén ( $p < 0.05$ ).

Bảng 5. Kết quả phân tích ANOVA với các giá trị cường độ chịu nén.

Yếu tố ảnh hưởng	Bậc tự do	Xác suất
Loại cốt liệu	1	0,3040
Thời gian bảo dưỡng	2	0.000
Loại cốt liệu × Thời gian bảo dưỡng	2	0,594

Giữa cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bán mềm sử dụng hai nguồn cốt liệu khác nhau mà không có sự khác biệt thống kê có thể do toàn bộ các hạt cốt liệu đã được bao bọc bởi bitum và cường độ chịu nén của bê tông bán mềm thấp hơn rất nhiều so với cường độ chịu nén của cốt liệu và đá xi măng. Cường độ chịu nén khi đó phụ thuộc vào dính bám giữa hồ xi măng với bê tông nhựa, thể tích hồ xi măng và cường độ của đá xi măng.

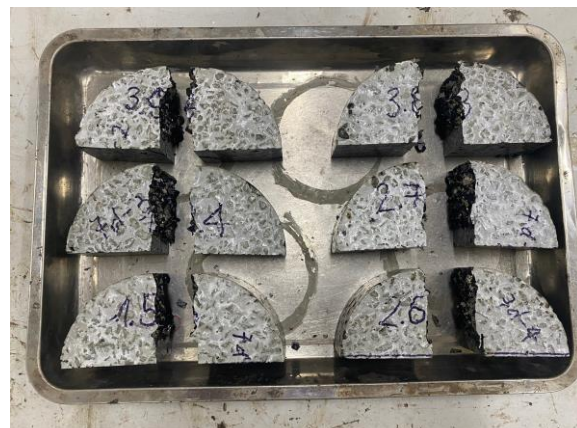
Ngoài ra, kết quả thực nghiệm còn cho thấy rằng, cường độ chịu nén sau 1 ngày tuổi của bê tông bán mềm sử dụng hai nguồn cốt liệu cao hơn trung bình 64% so với ngưỡng tối thiểu là 5,0 MPa theo khuyến cáo của QĐ 189/QĐ-BGTVT.

### 3.3 Ảnh hưởng của loại cốt liệu đến cường độ chịu kéo khi uốn

Cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng tại thời điểm mẫu phá hoại thể hiện khả năng kháng nứt của bê tông bán mềm. Thí nghiệm xác định hai thông số này được xác định trên mẫu thử ứng với hàm lượng nước trộn với bột xi măng là 39%, các mẫu được bảo dưỡng ở 7 ngày tuổi. Hình 8 thể hiện mô hình thí nghiệm để xác định cường độ chịu kéo khi uốn và mẫu sau khi thí nghiệm uốn.

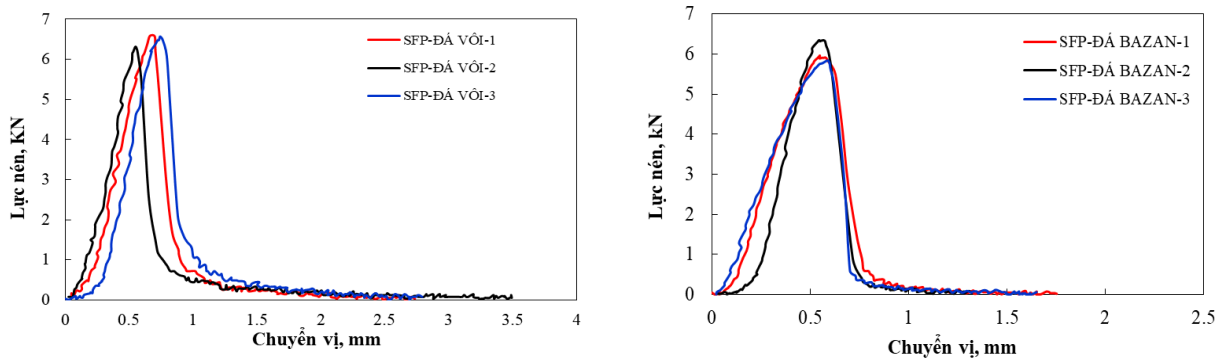


(a) Mô hình thí nghiệm



(b) Mẫu sau khi thí nghiệm

Hình 8. Thí nghiệm kéo khi uốn.



(a) : Nguồn cốt liệu đá vôi

(b) : Nguồn cốt liệu đá bazan

Hình 9. Kết quả đường cong lực – chuyển vị.

Từ kết quả đường cong lực và chuyển vị được thể hiện như ở Hình 9, nghiên cứu tiến hành tính toán cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng tại thời điểm phá hoại. Kết quả tính toán được thể hiện như ở Bảng 6 và Bảng 7.

Bảng 6. Kết quả tính toán cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng khi phá hủy mẫu bê tông bán mềm sử dụng nguồn cốt liệu Đá Vôi.

STT	H (mm)	B (mm)	L, mm	P, N	$\delta$ , mm	Cường độ chịu kéo khi uốn (MPa)	Biến dạng tại thời điểm mẫu bị phá hoại, mm/mm
SFP-Đá vôi-1	73,0	51,0	120,0	6592,5	0,664	4,37	0,0202
SFP-Đá vôi-2	74,0	52,0	120,0	6317,3	0,550	3,99	0,0170
SFP-Đá vôi-3	73,0	52,0	120,0	6569,6	0,742	4,27	0,0226
<b>TB</b>				-		<b>4,21</b>	<b>0,0199</b>

Bảng 7. Kết quả tính toán cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng khi phá hủy mẫu bê tông bán mềm sử dụng nguồn cốt liệu Đá Bazan.

STT	H (mm)	B (mm)	L, mm	P, N	$\delta$ , mm	Cường độ chịu kéo khi uốn (MPa)	Biến dạng tại thời điểm mẫu bị phá hoại, mm/mm
SFP-Đá bazan-1	72,0	50,0	120,0	5963,2	0,540	4,14	0,0162
SFP-Đá bazan-2	73,0	50,0	120,0	6348,5	0,550	4,29	0,0167
SFP-Đá bazan-3	72,0	51,0	120,0	5839,4	0,590	3,98	0,0177

<b>TB</b>	-	<b>4,14</b>	<b>0,0169</b>
-----------	---	-------------	---------------

Từ kết quả thí nghiệm ở Bảng 6 và Bảng 7, phân tích đánh giá phương sai một chiều thể hiện như ở Bảng 8 cho thấy rằng, loại cốt liệu không ảnh hưởng đến cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng tối thiểu ứng với thời điểm mẫu phá hủy ( $p > 0,05$ ).

Bảng 8. Kết quả phân tích ANOVA cường độ chịu kéo khi uốn và biến dạng tại thời điểm mẫu bị phá hủy.

<b>Yếu tố ảnh hưởng</b>	<b>Bậc tự do</b>	<b>Thông số</b>	<b>Xác suất (p)</b>
Loại cốt liệu	1	Cường độ chịu kéo khi uốn	0,639
Loại cốt liệu	1	Biến dạng tại thời điểm mẫu phá hủy	0,142

Nếu lấy giới hạn cường độ chịu kéo khi uốn tối thiểu là 2,5 MPa thì cả hai loại bê tông bán mềm sử dụng nguồn cốt liệu là đá vôi và đá bazan đều đáp ứng được mức yêu cầu tối thiểu. Tương tự như vậy, với ngưỡng giới hạn biến dạng tối thiểu ứng với thời điểm mẫu phá hủy là  $3 \times 10^{-3}$  mm/mm thì cả hai loại bê tông bán mềm cũng đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông bán mềm sử dụng Sika grout 301 SFP VN, một số kết luận và kiến nghị sau được đưa ra :

##### **Kết luận:**

- Sản phẩm Sika grout 301 SFP VN được nghiên cứu phát triển bởi nhóm nghiên cứu thuộc Công ty Sika hữu hạn Việt Nam và nhóm nghiên cứu Trường Đại học GTVT có các chỉ tiêu kỹ thuật đều đáp ứng được cho bê tông bán mềm theo QĐ 198/QĐ-GTVT của Bộ GTVT.
- Đánh giá ảnh hưởng của loại cốt liệu đến cường độ chịu nén của bê tông bán mềm ở các ngày tuổi khác nhau cho thấy rằng, không có sự khác biệt về kết quả cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bán mềm sử dụng nguồn cốt liệu đá vôi và đá bazan.
- Cường độ chịu nén sau 1 ngày tuổi của bê tông bán mềm sử dụng hai nguồn cốt liệu cao hơn trung bình 64% so với ngưỡng tối thiểu là 5,0 MPa theo khuyến cáo của QĐ 189/QĐ-BGTVT.
- Tương tự như cường độ chịu nén của bê tông bán mềm, loại cốt liệu cũng không ảnh hưởng đến cường độ chịu kéo khi uốn và giới hạn biến dạng tối thiểu ứng với thời điểm mẫu phá hủy của bê tông bán mềm, và hai thông số này cũng đều đáp ứng được yêu cầu giới hạn theo QĐ 189/QĐ-BGTVT.

### **Kiến nghị:**

Bê tông bán mềm là một loại vật liệu mới, có nhiều ưu điểm hơn so bê tông nhựa và bê tông xi măng, đề tài mới chỉ dừng lại nghiên cứu bước đầu trong phòng thí nghiệm đánh giá tính năng của bê tông bán mềm trên cơ sở groun biến tính chế tạo được, để có thể ứng dụng công nghệ này trong xây dựng đường ở Việt Nam thời gian tới, cần có thêm những nghiên cứu sau:

- Cần có thêm các nghiên cứu đánh giá độ bền của bê tông bán mềm phòng thí nghiệm với số lượng mẫu đủ lớn.

- Thi công đánh giá thí điểm hiện trường của công nghệ.

- Xây dựng định mức kinh tế và quy trình chỉ dẫn kỹ thuật cũng cần thực hiện để có thể ứng dụng được công nghệ này trong xây dựng đường ô tô ở Việt Nam.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] T.B. Moghaddam, M.R. Karim, M. Abdelaziz, A review on fatigue and rutting performance of asphalt mixes. *Sci. Res. Essays*, 6 (2011) 670–682.
- [2] T. Xu, X. Huang, Investigation into causes of in-place rutting in asphalt pavement. *Constr. Build. Mater*, 28 (2012) 525–530.
- [3] J.R. Oliveira, N.H. Thom, S.E. Zoorob, Design of pavements incorporating grouted macadams. *J. Transp*, 134 (2008) 7–14. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2008\)134:1\(7\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2008)134:1(7))
- [4] J. Mayer, M. Thau, Jointless pavements for heavy-duty airport application: the semi-flexible approach, *Adv. Airfield Pavements*, (2001) 87–100.
- [5] I.L. Al-Qadi, H. Gouru, R.E. Weyers, Asphalt Portland cement concrete composite: laboratory evaluation, *J. Transp*, 120 (1994) 94–108.
- [6] T. Ling, X. Zheng, M. Ling, C. Xiong, Q. Dong, Research on performance of water retention and temperature-fall semi-flexible pavement material, China, *J. Highway Transport*, 23 (2010) 7–17.
- [7] A. Setyawau, Development of Semi-flexible Heavy-duty Pavements, Ph.D. thesis, University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds, 2006.
- [8] M.L. Afonso, M. Dinis-Almeida, L.A. Pereira-De-Oliveira, J. Castro-Gomes, S.E. Zoorob, Development of a semi-flexible heavy duty pavement surfacing incorporating recycled and waste aggregates – preliminary study, *Constr.Build. Mater*, 102 (2016) 155–161.
- [9] T. Hirato, M. Murayama, H. Sasaki, Development of high stability hot mix asphalt concrete with hybrid binder, *J. Traffic Transport. Eng*, 1 (2014) 424–431.
- [10] P. Larsen, Reinforced semi flexible pavement, U.S. Patent Application US 20040101365 A1, (2002) 2–22.
- [11] B. Yang, X. Weng. The influence on the durability of semi-flexible airport pavement materials to cyclic wheel load test. *Constr. Build. Mater*, 98 (2015) 171–175.
- [12] Q.J. Ding, Z. Sun, F. Shen, S.L. Huang, The performance analysis of semi-flexible pavement by the volume parameter of matrix asphalt mixture, *Adv. Mater. Res*, 168–170 (2010) 351–356.
- [13] A. Setyawan, Assessing the compressive strength properties of semi-flexible pavements, *Proc. Eng*, 54 (2013) 863–874.
- [14] K.E. Hassan, A. Setyawan, S.E. Zoorob, Effect of cementitious grouts on the properties of semi-flexible bituminous pavement, in: *Proceedings of the Fourth European Symposium on Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavement*, (2002) 113–120.

- [15] S. Koting, H. Mahmud, M.R. Karim, Influence of Superplasticizer Type and Dosage on the Workability and Strength of Cementitious Grout for Semi-Flexible Pavement, *Application 6* (2007) 2156–2167.
- [16] J. Zhang, J. Cai, J. Pei, R. Li, X. Chen, Formulation and performance comparison of grouting materials for semi-flexible pavement, *Constr. Build. Mater.*, 115 (2016) 582–592.
- [17] B. Fang, T. Xu, S. Shi, Laboratory study on cement slurry formulation and its strength mechanism for semi-flexible pavement, *J. Test. Eval.*, 44 (2015) 20150230.
- [18]. Đ.V. Đông, Nghiên cứu ứng dụng mặt đường bán mềm cho xây dựng mặt đường cấp cao ở Việt Nam, *Tạp chí GTVT*, 6 (2011).
- [19]. NM. Tuấn, ND. Phương, Đánh giá chất lượng mặt đường bán mềm sử dụng vữa tự chèn trong phòng thí nghiệm, *Tạp chí GTVT*, 12 (2019).
- [20]. A. Setyawau, Development of Semi-flexible Heavy-duty Pavements, Ph.D. thesis, University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds, 2006.
- [21] M.L. Afonso, M. Dinis-Almeida, L.A. Pereira-De-Oliveira, J. Castro-Gomes, S.E. Zoorob, Development of a semi-flexible heavy duty pavement surfacing incorporating recycled and waste aggregates – preliminary study, *Constr. Build. Mater.*, 102 (2016) 155–161.
- [22] T. Hirato, M. Murayama, H. Sasaki, Development of high stability hot mix asphalt concrete with hybrid binder. *J. Traffic Transport. Eng.* (English Edition), 1 (2014) 424–431.
- [23]. Bộ Giao thông vận tải, Quyết định Số 189/QĐ-BGTVT, Thiết kế, thi công và nghiệm thu lớp bê tông bán mềm, 2020.