

# Nghiên cứu ảnh hưởng của xỉ thép trong bê tông xỉ thép dùng làm mặt đường ô tô

Study on the effect of steel slag in concrete pavement for highway

> TS NGUYỄN THỊ THÚY HẰNG<sup>1</sup>, TS MAI HỒNG HÀ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM; Email: hangntt@hcmute.edu.vn

<sup>2</sup>Viện Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải TP.HCM; Email: ha.mh@ut.edu.vn

## TÓM TẮT

Nghiên cứu để tái chế các phụ phẩm của ngành công nghiệp làm vật liệu xây dựng là một xu thế đang được quan tâm, vì hạn chế được sự ảnh hưởng xấu đến môi trường và thay thế hoặc làm phong phú thêm nguồn vật liệu xây dựng truyền thống. Xi thép cũng là một sản phẩm phụ của ngành công nghiệp sản xuất thép bằng công nghệ lò điện hồ quang. Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu, đánh giá các tính chất cơ lý của bê tông xỉ măng khi cốt liệu lớn là đá dăm được thay thế bằng xỉ thép với hàm lượng thay thế là 25%, 50%, 75% và 100% (BTXT). Kết quả cho thấy BTXT với hàm lượng xỉ thép thay thế là 25% (BTXT25) có tính chất cơ lý kém hơn bê tông truyền thống (BTXT0), trong khi đó, BTXT với hàm lượng xỉ thép thay thế từ 50% đến 100% (BTXT50, BTXT75, BTXT100) có cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi ép chế và cường độ chịu kéo uốn lớn hơn bê tông thường. Khả năng chịu mài mòn của BTXT kém hơn bê tông truyền thống.

**Từ khóa:** Bê tông xỉ thép; cường độ nén; cường độ kéo khi uốn; cường độ kéo khi ép chế; độ mài mòn.

## ABSTRACT

Research to recycle industry by-products to make building materials is a trend that is being interested, because it both limits the negative impact on the environment and replaces or enriches traditional materials. Steel slag aggregate is also a byproduct of the steelmaking industry using electric arc furnace technology. In this study, the author compares the properties of concrete which have coarse aggregate replaced by steel slag 25%, 50%, 75% và 100% content (BTXT) with normal concrete (0% steel slag content and 100% natural aggregate). The results show that BTXT with 25% steel slag content (BTXT25) has the lowest mechanical properties. BTXT with 50-100% steel slag content (BTXT50, BTXT75, BTXT100) have compressive strength, flexural strength, and splitting strength greater than normal concrete.

**Keywords:** Steel slag; steel slag concrete; compressive strength; flexural strength, splitting strength; abrasion resistance.

## 1. GIỚI THIỆU

Xi thép được sử dụng trong nghiên cứu là sản phẩm thải của quá trình luyện thép bằng công nghệ lò điện hồ quang. Trên thế giới, xỉ thép tái chế đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông nhằm mang lại lợi ích về kinh tế, môi trường và phát triển bền vững [1-4]. Carmenlucia Santos Giordano Penteadó và các cộng sự [4] nghiên cứu sản xuất hỗn hợp bê tông xỉ thép để làm gạch vỉa hè. Ioanna Papayianni và cộng sự [5] cũng đã nghiên cứu và khẳng định xỉ thép EAF hoàn toàn có thể dùng làm cốt liệu cho mặt đường bê tông xỉ măng. Tại các nước châu Âu, xỉ thép được tái sử dụng trong công trình giao thông chiếm khoảng 43 %, riêng ở Đức, trong số 70% xỉ thép phát sinh thì có đến 66% được ứng dụng trong xây dựng, làm đường [6]. Tại Việt Nam cũng đã có nhiều nghiên cứu sử dụng xỉ thép trong công trình giao thông. Trần Văn Miên cùng cộng sự [7] đã thực hiện nghiên cứu sử dụng xỉ thép làm cốt liệu thay thế cho đá dăm làm bê tông asphalt ứng dụng làm lớp áo đường trong công trình giao thông. Tác giả Mai Hồng Hà [8] đã nghiên cứu sử dụng xỉ thép

khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu làm móng trong xây dựng đường ô tô. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng xỉ thép với các hàm lượng thay thế khác nhau (từ 0%-100%) từ đó tiến hành các thực nghiệm để tìm ra hàm lượng xỉ thép tối ưu, đồng thời đánh giá khả năng ứng dụng làm tầng mặt bê tông xỉ măng của kết cấu áo đường cứng. Các nội dung nghiên cứu được đề cập trong bài báo bao gồm:

- Cường độ chịu nén; mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và thời gian;
- Cường độ chịu kéo khi uốn;
- Cường độ chịu kéo khi ép chế;
- Độ mài mòn ở trạng thái bão hòa và trạng thái khô.

## 2. VẬT LIỆU VÀ THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu thí nghiệm

#### 2.1.1. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng cát sông (Hình 1), được sàng rửa và phơi khô, có kích thước hạt từ 0,15mm đến 4,75mm. Các chỉ tiêu cơ lý

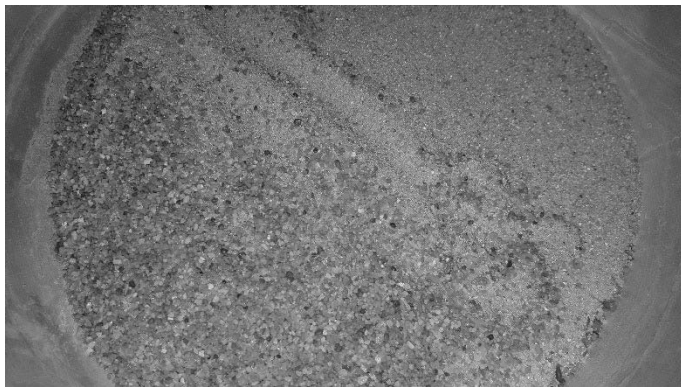
của cốt liệu nhỏ đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật theo TCCS 40:2022/TCĐBVN [9] thể hiện ở Bảng 1 và Bảng 2.

**Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của cát**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Mô đun độ lớn	TCVN 7572-2:2006		2.40
2	Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.72
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.48
4	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.57
5	Độ hút nước	TCVN 7572-4:2006	%	3.47
6	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:2006	kg/m <sup>3</sup>	1569
7	Độ rỗng giữa các hạt	TCVN 7572-6:2006	%	36.4

**Bảng 2. Thành phần hạt của cát**

TT	Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)	Lượng lọt qua sàng theo TCCS 40:2022/TCĐBVN (%)
1	4.75	96.90	90-100
2	2.36	91.85	75-100
3	1.18	81.59	50-90
4	0.60	57.81	30-90
5	0.30	27.14	8-30
6	0.15	5.95	0-10



**Hình 1. Mẫu cát**  
2.1.2. Cốt liệu lớn  
a. Đá dăm

Dùng đá dăm sàng rửa và lựa chọn để có cấp phối hạt như Bảng 4 với  $D_{min} = 4.75$  mm và  $D_{max} = 19$  mm (Hình 2), các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm ở Bảng 3 đáp ứng các yêu cầu của TCCS 40:2022/TCĐBVN.



**Hình 2. Mẫu đá dăm**

**Bảng 3: Các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.87
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.70
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	2.76
4	Độ hút nước	TCVN 7572-4:2006	%	2.25
5	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:2006	g/cm <sup>3</sup>	1.35
6	Độ rỗng giữa các hạt	TCVN 7572-6:2006	%	45.8

**Bảng 4. Thành phần hạt của đá dăm**

TT	Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)	Lượng lọt qua sàng theo TCCS 40:2022/TCĐBVN (%)
1	25.0	100.00	100
2	19.0	98.14	95-100
3	12.5	68.72	55-70
4	9.50	35.01	25-40
5	4.75	6.28	5-15
6	2.36	2.10	0-5

**b. Xi thép**

Xi thép được sử dụng thay thế đá dăm trong thí nghiệm là sản phẩm tái chế của Công ty TNHH Vật liệu xanh (KCN Phú Mỹ, Tân Thành, Bà Rịa - Vũng Tàu) (Hình 3). Xi thép được sàng, rửa và lựa chọn lại để có các chỉ tiêu kỹ thuật thể hiện như Bảng 5 và Bảng 6.



**Hình 3. Mẫu xi thép**

**Bảng 5: Các chỉ tiêu cơ lý của xi thép**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	3.33
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	3.09
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa	TCVN 7572-4:2006	g/cm <sup>3</sup>	3.16
4	Độ hút nước	TCVN 7572-7:2006	%	2.34
5	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:2006	g/cm <sup>3</sup>	1.952
6	Độ rỗng giữa các hạt	TCVN 7572-7:2006	%	48.2
10	Hàm lượng bụi, bùn, sét	TCVN 7572-8:2006	%	0.3
11	Độ hao mòn Los Angeles	TCVN 7572-12:2006	%	21.36

**Bảng 6. Thành phần hạt của xi thép**

Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)
25.0	100.00
19.0	96.98
12.5	66.15
9.50	29.38
4.75	12.02
2.36	1.2
<2.36	0.4

**2.1.3. Chất kết dính**

Sử dụng xi măng PCB40 Insee làm chất kết dính cho bê tông, các chỉ tiêu cơ lý của xi măng được trình bày trong Bảng 7 thỏa mãn các yêu cầu của TCCS 40:2022/TCĐBVN

**Bảng 7. Các chỉ tiêu cơ lý của xi măng**

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm
1	Cường độ chịu nén 3 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	22.5
2	Cường độ chịu nén 28 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	46.2
3	Cường độ chịu kéo khi uốn 3 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	3.8
4	Cường độ chịu kéo khi uốn 3 ngày (MPa)	TCVN 6016:2011	7.2
5	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	TCVN 4030:2003	3.09
6	Độ nghiêng mịn phương pháp Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	TCVN 4030:2003	3900
7	Lượng nước tiêu chuẩn (%)	TCVN 6017:2015	32.5
8	Thời gian đông kết (phút)	TCVN 6017:2015	
	+ Bắt đầu		115
	+ Kết thúc		200

**2.1.4. Nước**

Sử dụng nước máy thỏa mãn yêu cầu theo TCVN 4506:2012 về “Nước trộn bê tông và vữa – yêu cầu kỹ thuật”.

**2.2. Thiết kế thí nghiệm**

**2.2.1. Thành phần vật liệu của cấp phối bê tông.**

Có 5 loại tổ mẫu cấp phối bê tông: BTXT0, BTXT25, BTXT50, BTXT75, BTXT100 được sử dụng để nghiên cứu, trong đó cấp phối BTXT0 (dùng cốt liệu lớn là đá dăm) được dùng làm mẫu bê tông đối chứng với thành phần được lựa chọn theo TCVN 10306:2014 [10]. Cấp phối bê tông xi thép BTXT25, BTXT50, BTXT75, BTXT100 có cốt liệu lớn được thay thế một phần hoặc hoàn toàn bằng xi thép với tỷ lệ thay thế lần lượt là 25%, 50%, 75%, 100%, các thành phần khác của cấp phối như xi măng, cát và nước được lấy giống với cấp phối BTXT0. Thành phần vật liệu của các cấp phối được trình bày ở Bảng 8.

**Bảng 8. Thành phần vật liệu chế tạo cấp phối**

Ký hiệu	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Xi thép (kg)	Nước (lít)	Tỷ lệ N/X
CP0XT	400	763	1188	0	181	0.45
CP50XT	400	763	594	689	181	0.45
CP75XT	400	763	297	1033	181	0.45
CP100XT	400	763	0	1378	181	0.45

**2.2.2. Phương pháp thí nghiệm**

Các tổ mẫu bê tông dùng trong nghiên cứu được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022 [11]. Để quan sát sự phát triển cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông ở tuổi 3, 7, 28 ngày, dùng các mẫu hình lập phương có kích thước 150x150x150mm, với tiêu chuẩn thí nghiệm là TCVN 3118:2022 [12] (Hình 4). Cường độ chịu kéo khi uốn và kéo khi ép chế được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 3119:2022 [13] và TCVN 3120:1993 [14] với các mẫu lăng trụ kích thước 150x150x600mm (Hình 5) và mẫu trụ có kích thước 150x300mm (Hình 6). Độ mài mòn được thí nghiệm theo TCVN 3114:2022 [15] với các mẫu lập phương kích thước 70.7x70.7x70.7mm (Hình 7).



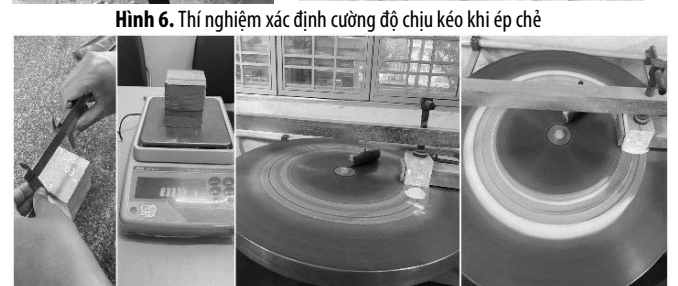
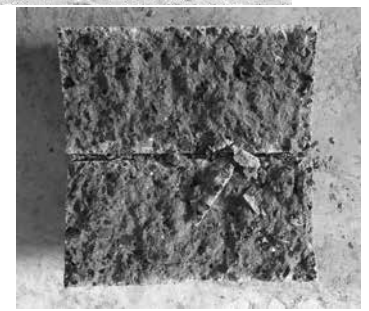
**Hình 4.** Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén



**Hình 5.** Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi uốn



**Hình 6.** Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi ép chế



**Hình 7.** Thí nghiệm xác định độ mài mòn

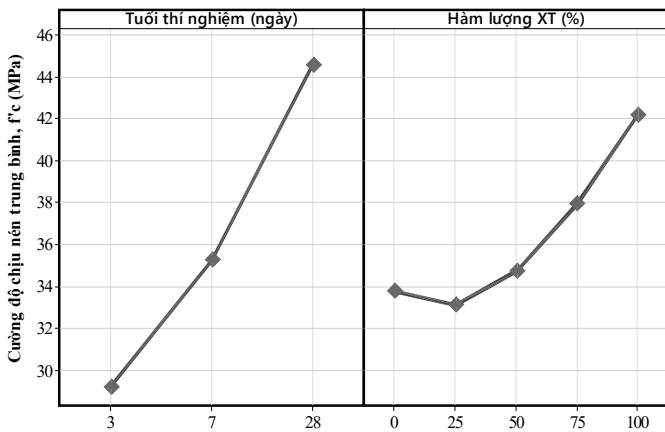
### 3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Cường độ chịu nén

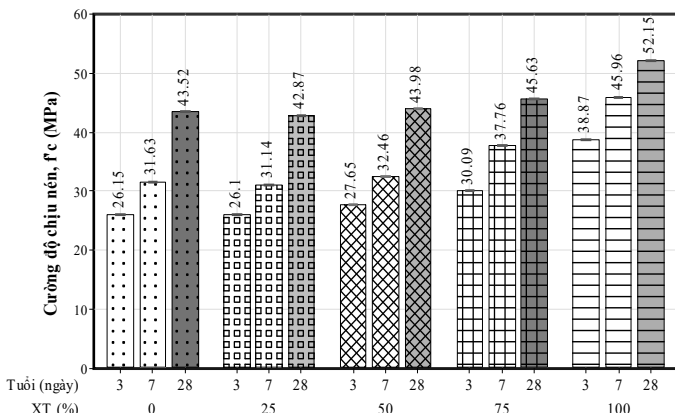
Cường độ chịu nén ( $f_c'$ ) của các mẫu BTXT0, BTXT25, BTXT50, BTXT75, BTXT100 được khảo sát ở tuổi 3, 7, 28 ngày. Kết quả được tổng hợp ở Bảng 10 và Hình 9-12.

**Bảng 10. Cường độ chịu nén ở các tuổi thí nghiệm khác nhau**

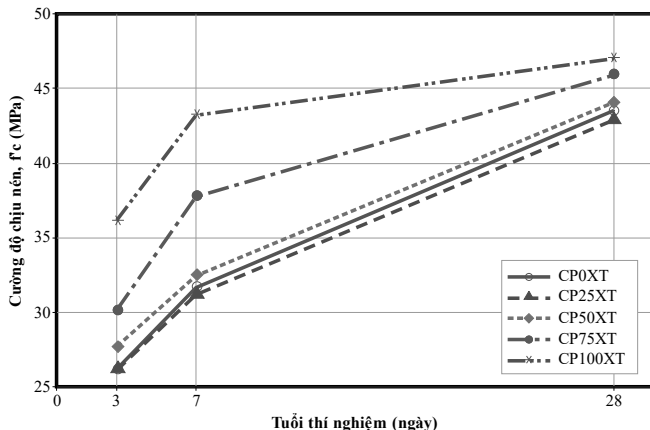
Tuổi bê tông (ngày)	Cường độ chịu nén $f_c'$ (MPa)				
	BTXT0	BTXT25	BTXT50	BTXT75	BTXT100
3	26.15	26.10	27.65	30.09	36.14
7	31.63	31.14	32.46	37.76	43.25
28	43.64	42.17	44.07	45.94	47.06



**Hình 9.** Các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén



**Hình 10.** Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu nén ở các tuổi khác nhau



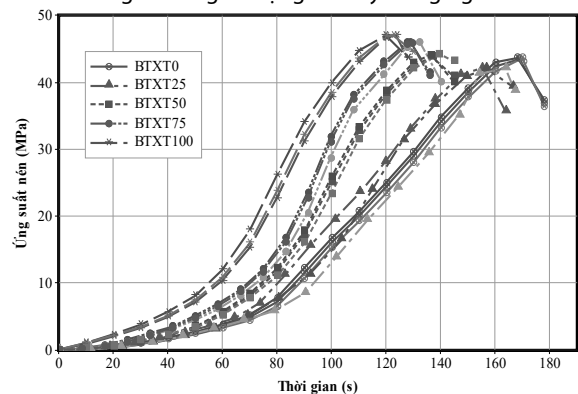
**Hình 11.** Quan hệ giữa cường độ nén và tuổi ngày thí nghiệm

Hình 9 thể hiện sự phụ thuộc của cường độ chịu nén vào hàm lượng xỉ thép và tuổi ngày thí nghiệm. Nhận thấy cả hai yếu tố đều ảnh hưởng nhiều đến xi thép:

- Ảnh hưởng của tuổi ngày thí nghiệm đến cường độ chịu nén: Cường độ phát triển trong giai đoạn từ 3-7 ngày tuổi nhanh hơn giai đoạn từ 7-28 ngày tuổi thể hiện qua độ dốc của biểu đồ cường độ chịu nén theo tuổi ngày thí nghiệm. Hình 11 cho thấy các cấp phối có sự tham gia của xỉ thép có sự phát triển cường độ ở tuổi sớm 3 và 7 ngày tuổi tốt hơn cấp phối không có sự tham gia của xỉ thép. Sự phát triển tỷ lệ thuận với hàm lượng xỉ thép sử dụng. Cụ thể là với cấp phối CP100XP, cường độ ở tuổi 3 ngày và 7 ngày đạt khoảng 77% và 92% so với tuổi 28 ngày; với BTXT75 tỷ lệ này khoảng 66% và 82%; với BTXT50 tỷ lệ này khoảng 63% và 74%; với BTXT25 tỷ lệ này khoảng 62% và 74% và với BTXT0 tỷ lệ này khoảng 62% và 70%.

- Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ thép đến cường độ chịu nén: Khi hàm lượng xỉ thép tăng từ 0%- 25%,  $f_c'$  giảm, BTXT25 có cường độ chịu nén ở các tuổi đều nhỏ hơn BTXT0 (Hình 10 và 11), khi dùng hàm lượng xỉ thép tăng từ 25%-100%, thì  $f_c'$  cũng tăng. Tuy nhiên khi hàm lượng xỉ thép từ 25%-50%, cường độ chịu nén vẫn chưa được cải thiện nhiều, xấp xỉ bằng BTXT0. Mức độ tăng nhanh khi hàm lượng xỉ thép từ 75%-100%. Cường độ chịu nén có sự thay đổi đáng kể. Khi dùng 75% xỉ thép thay thế cho cốt liệu truyền thống, BTXT75 có cường độ chịu nén tăng khoảng 4.2% và 5.9% so với BTXT50 và BTXT0. BTXT100 với hàm lượng xỉ thép thay thế là 100% có cường độ được cải thiện tốt nhất, tăng khoảng 2.4% so với BTXT75, 6.8% so với BTXT50 và 8.5% so với BTXT0.

Khi so sánh với bê tông xi măng tro bay làm mặt đường ô tô trong nghiên cứu [16] của tác giả Trần Trung Hiếu nhận thấy BTXT75 có cường độ nén tương đương với mẫu bê tông sử dụng 33% tro bay, trong khi đó BTXT100 có cường độ nén lớn hơn tất cả các mẫu bê tông xi măng sử dụng tro bay trong nghiên cứu này.



**Hình 12.** Quan hệ giữa ứng suất nén ở tuổi 28 ngày và thời gian

#### 3.2. Cường độ chịu kéo khi uốn

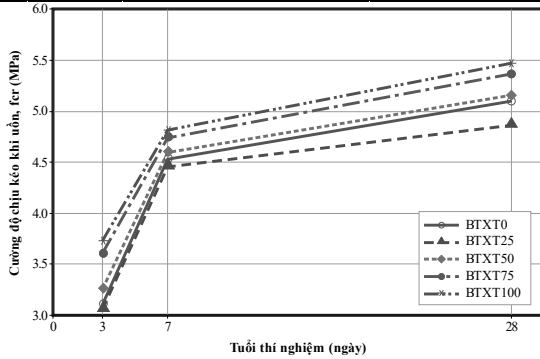
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn  $f_{cr}$  của các cấp phối BTXT ở tuổi 3, 7 và 28 ngày được trình bày trong Bảng 11.

Hình 13 cho thấy BTXT ở tuổi 28 ngày có độ bền uốn lớn hơn ở tuổi 3 và 7 ngày. Sự gia tăng này hoàn toàn phù hợp với sự gia tăng của cường độ nén ( $f_c'$ ) ở Hình 11. Theo TCCS 40:2022/TCĐBVN [9], để có thể ứng dụng làm mặt đường bê tông xi măng thì  $f_{cr}$  ở tuổi 28 ngày phải không được nhỏ hơn 5MPa đối với đường cao tốc, cấp I, cấp III, và không được nhỏ hơn 4,5MPa đối với đường cấp III trở xuống. Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu kéo khi uốn theo hàm lượng xỉ thép và tuổi ngày thí nghiệm ở Hình 14 cho thấy  $4.5MPa < f_{cr}^{BTXT25} < 5MPa$  và  $f_{cr}^{BTXT50, BTXT75, BTXT100} > 5MPa$ . Nghĩa là, BTXT25 thỏa mãn yêu cầu về cường độ chịu kéo khi uốn đối với các mặt đường BTXM của đường cấp III trở xuống và

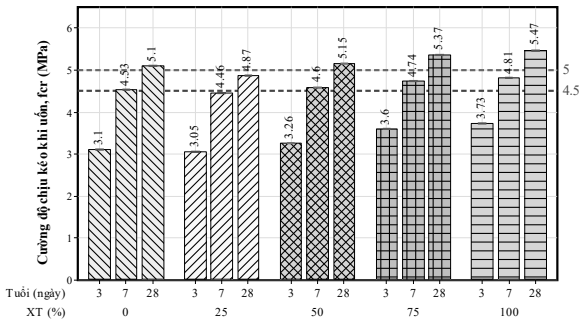
BTXT50, BTXT75, BTXT100 BTXT25 thỏa mãn yêu cầu về cường độ chịu kéo khi uốn đối với các mặt đường BTXM của đường cao tốc, cấp I, cấp III.

**Bảng 11. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn**

Tuổi (ngày)	Cường độ chịu kéo khi uốn $f_{cr}$ (MPa)				
	BTXT0	BTXT25	BTXT50	BTXT75	BTXT100
3	3.40	3.34	3.42	3.47	3.52
7	3.86	3.75	3.94	4.01	4.02
28	4.83	4.55	5.17	5.63	6.18



**Hình 13.** Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi ngày thí nghiệm



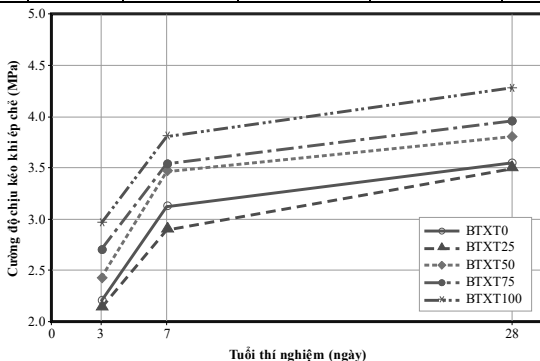
**Hình 14.** Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu kéo khi uốn theo hàm lượng xi thép và tuổi ngày thí nghiệm

**3.3. Cường độ chịu kéo khi ép chế.**

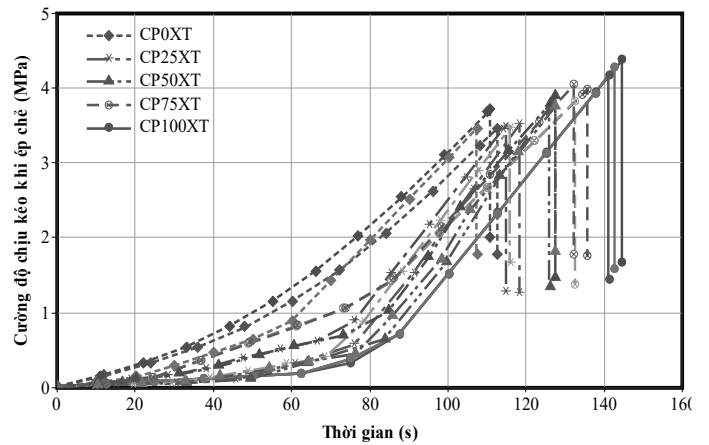
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi ép chế  $f_{SPL}$  của các cấp phối BTXT ở tuổi 3, 7 và 28 ngày được trình bày trong Bảng 12, Hình 15 và 16. Tương tự như cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn,  $f_{SPL}^{BTXT25} < f_{SPL}^{BTXT0} < f_{SPL}^{BTXT50} < f_{SPL}^{BTXT75} < f_{SPL}^{BTXT100}$

**Bảng 12. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi ép chế**

Tuổi (ngày)	Cường độ chịu kéo khi ép chế $f_{SPL}$ (MPa)				
	BTXT0	BTXT25	BTXT50	BTXT75	BTXT100
3	3.40	3.34	3.42	3.47	3.52
7	3.86	3.75	3.94	4.01	4.02
28	3.55	3.53	3.80	3.96	4.28



**Hình 15.** Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi ngày thí nghiệm



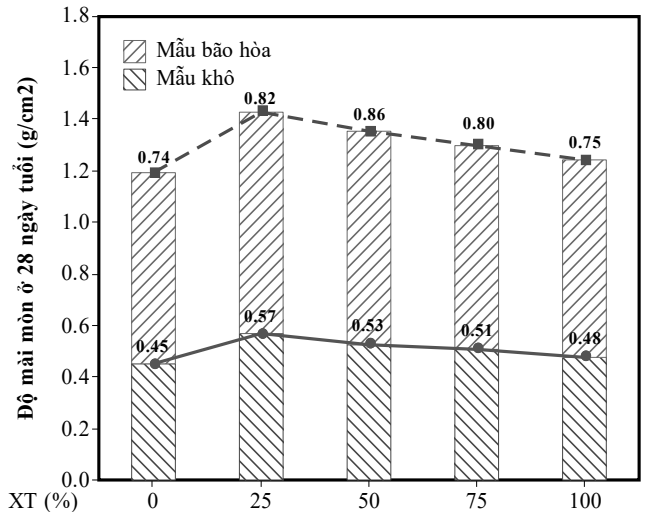
**Hình 16.** Biểu đồ tổng hợp cường độ chịu kéo khi uốn theo hàm lượng xi thép và tuổi ngày thí nghiệm

**3.4. Độ mài mòn của bê tông**

Độ mài mòn của BTXT được khảo sát ở hai trạng thái của mẫu: khô và bão hòa. Độ mài mòn của mẫu khô  $M_n^k$  và độ mài mòn của mẫu bão hòa  $M_n^{bh}$  được trình bày ở Bảng 13. Kết quả cho thấy khi làm việc ở trạng thái bão hòa bê tông chịu mài mòn kém hơn ở trạng thái khô. Tỷ số  $M_n^{bh}/M_n^k$  dao động trong khoảng 1.50-1.65. Độ mài mòn cũng phụ thuộc nhiều vào hàm lượng xi thép sử dụng thể hiện ở Hình 17 và 18. BTXT0 với lượng dùng xi thép là 0% có độ mài mòn nhỏ nhất nghĩa bê tông thường chịu mài mòn tốt hơn BTXT. Với BTXT có hàm lượng xi thép thay đổi từ 25%-100%, độ mài mòn có xu hướng giảm dần, tỷ lệ nghịch với sự tăng cường độ chịu nén.

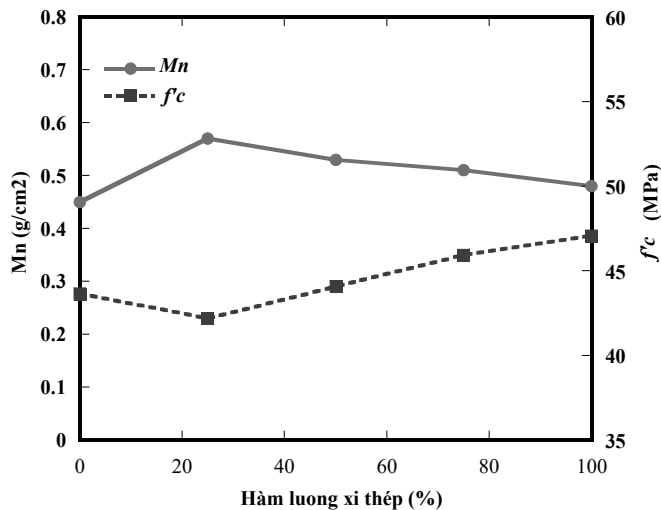
**Bảng 13. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn**

Loại cấp phối	Độ mài mòn $M_n$ , g/cm <sup>2</sup>		$M_n^{bh}/M_n^k$
	Mẫu khô, $M_n^k$	Mẫu bão hòa, $M_n^{bh}$	
BTXT0	0.45	0.74	1.644
BTXT25	0.57	0.86	1.509
BTXT50	0.53	0.82	1.547
BTXT75	0.51	0.79	1.549
BTXT100	0.48	0.76	1.583



**Hình 17.** Độ mài mòn của mẫu khô và bão hòa ở tuổi 28 ngày

Hình 18 cho thấy, tất cả các cấp phối bê tông nghiên cứu có độ mài mòn lớn hơn  $0,3\text{g}/\text{cm}^2$  và nhỏ hơn  $0,6\text{g}/\text{cm}^2$ , nghĩa là các cấp phối này không phù hợp để làm mặt đường BTXM cho đường cao tốc, đường cấp I, cấp II nhưng có thể dùng cho đường cấp III trở lên theo TCCS 40:2022/TCĐBVN [9].



**Hình 18.** Biểu đồ tổng hợp độ mài mòn và cường độ nén với hàm lượng xỉ thép khác nhau

#### 4. KẾT LUẬN

Dựa vào các kết quả thực nghiệm được phân tích ở trên có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu kéo khi ép chèn có giá trị tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xỉ thép sử dụng. Đạt giá trị lớn nhất khi sử dụng hàm lượng xỉ thép là 100% và đạt giá trị nhỏ nhất khi sử dụng hàm lượng xỉ thép là 25%.

- Khi ở trạng thái bão hòa nước, khả năng chống mài mòn của bê tông giảm. Tỷ lệ giữa độ mài mòn của mẫu ở trạng thái bão hòa và khô dao động từ 1.50 - 1.64.

- Bê tông thường chịu mài mòn tốt hơn bê tông xỉ thép.

- Với BTXT, độ mài mòn tỷ lệ nghịch với hàm lượng xỉ thép sử dụng và giá trị cường độ chịu nén.

- BTXT đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật theo TCCS 40:2022/TCĐBVN để làm mặt đường ô tô cấp III trở xuống. Trong đó BTXT100, với tỷ lệ xỉ thép thay thế 100% là tối ưu nhất.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này thuộc đề tài mã số T2022-156TĐ được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM năm 2022.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Freer-Hewish, Richard Ghataora, Gurmel, Jessic. James "The utilisation of recycled aggregates generated from highway arisings and steel slag fines," p. 2004.
- [2] K. P. Verian, N. M. Whiting, J. Olek, J. Jain, and M. B. Snyder. "Using Recycled Concrete as Aggregate in Concrete Pavements to Reduce Materials Cost.," *Publication FHWA/IN/JTRP-2013/18.*, vol. Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2013. doi: 10.5703/1288284315220, p. 2013.
- [3] Ahmed Tahwia, Ahmed Abd El Raheem *et al.* "Use of Steel Slag in Eco-Friendly Rigid Pavement," *Bulletin of the Faculty of Engineering, Mansoura University*, vol. 45, p. 10-15, 2020.

- [4] Carmenlucia Santos Giordano Penteado, Beatriz Leão Evangelista *et al.* "Use of electric arc furnace slag for producing concrete paving blocks," *Ambiente Construído*, vol. 19, p. 21-32, 2019.

- [5] Ioanna Papayianni, Eleftherios Anastasiou *et al.* "Steel slag concrete for pavement construction". in *Proceedings of the 3rd International Balkans Conference On Challenges Of Civil Engineering*, Epoka University, Tirana, Albania, 2016, p.

- [6] Sử dụng xỉ gang, xỉ thép của thế giới - Bài học kinh nghiệm về bảo vệ môi trường cho ngành thép Việt Nam (2019). <https://congnghiexanh.wordpress.com/2019/10/08/su-dung-xi-gang-xi-thep-cua-the-gioi-bai-hoc-kinh-nghiem-ve-bao-ve-moi-truong-cho-nganh-thep-viet-nam/>.

- [7] Chanh Van Nguyen Mien Tran Van, Toyoharu Nawa, Boonchai Stitmannaitum. "Properties of high strength concrete using steel slag coarse aggregate," *Proceedings of the 6th ACEC and the 6th AEEC 21 - 22. November 2013, Bangkok, Thailand*, p. 2014.

- [8] Mai Hồng Hà. "Nghiên cứu sử dụng xỉ thép khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu Trong xây dựng đường Ôtô.," p. 2019.

- [9] TCCS 40:2022/TCĐBVN. Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông, Tổng Cục đường bộ Việt Nam, Bộ Giao thông vận tải, 2022.

- [10] TCVN 10306:2014. Bê tông cường độ cao - Thiết kế thành phần mẫu hình trụ, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2014.

- [11] TCVN 3105 : 2022. Tiêu chuẩn quốc gia. Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 2022.

- [12] TCVN 3118 : 2022. Tiêu chuẩn quốc gia. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 2022.

- [13] TCVN 3119 : 2022. Tiêu chuẩn quốc gia. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 2022.

- [14] TCVN 3120 : 2022. Tiêu chuẩn quốc gia. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi ép chèn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 2022.

- [15] TCVN 3114 : 2022. Tiêu chuẩn quốc gia. Bê tông - Phương pháp xác định độ mài mòn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 2022.

- [16] Trần Trung Hiếu, "Nghiên cứu ứng dụng bê tông xi măng tro bay làm mặt đường ô tô ở Việt Nam". Trường Đại học Giao thông vận tải Cơ sở II, 2017.