



## EFFECTS OF THE CONTENT OF INVESTIGATED STEEL SLAG REPLACING THE LARGE AGGREGATE ON THE PROPERTIES OF ROLLER-COMPACTED CONCRETE USING CRUSHED SAND IN THE PAVEMENT STRUCTURE

Nguyen Duc Trong

Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications, No. 450-451 Le Van Viet Street, Tang Nhon Phu A Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Viet Nam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 03/09/2023

Revised: 07/11/2023

Accepted: 21/12/2023

Published online: 15/02/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.2.3>

\* *Corresponding author*

Email: trongnd\_ph@utc.edu.vn; Tel: +84915110918

**Abstract.** Steel slag is an industrial waste but it can be used usefully in traffic construction. However, steel slag has mostly been used as a land filling material, its application in manufacturing concrete has not been popular yet. This study investigated the effects of the replaced volume content of steel slags on the mechanical properties of roller compacted concrete (RCC) containing crushed sand, used in constructing the pavement's structures of the roads. Steel slag coarse aggregates replaced 0 %, 50 %, 100 % Vol. crushed stone aggregates to manufacture RCC. As the replaced volume content of steel slag increased, the mechanical properties and abrasion resistance of RCC decreased whereas Vebe stiffness increased. At the curing time of 28 days, the compressive strength, flexural strength, and elastic modulus of RCC containing 50 % Vol. of steel slag decreased 1.8 %, 0.9 %, and 7.7 %, respectively, and their abrasion resistance increased 4.7%, in comparison to those of RCC using only traditional coarse aggregates. RCC containing crushed sand and steel slags with the replaced volume content of 50 % was qualified to construct a road with category IV and below.

**Keywords:** Roller compacted concrete, steel slag, crushed sand, fly ash, mechanical properties.

@2024 University of Transport and Communications



# ẢNH HƯỞNG HÀM LƯỢNG CỐT LIỆU LỚN XỈ THÉP ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG ĐẦM LẤN SỬ DỤNG CÁT NGHIỀN TRONG XÂY DỰNG KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG

Nguyễn Đức Trọng

Phân hiệu tại thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải, số 450-451 Lê Văn Việt, Phường Tăng Nhơn Phú A, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 03/09/2023

Ngày nhận bài sửa: 07/11/2023

Ngày chấp nhận đăng: 21/12/2023

Ngày xuất bản Online: 15/02/2024

<https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1389072> (ban biên tập ghi)

\* Tác giả liên hệ

Email: trongnd\_ph@utc.edu.vn; Tel: +84915110918

**Tóm tắt.** Xi thép là phế thải công nghiệp nhưng có thể ứng dụng hữu ích trong xây dựng công trình giao thông. Tuy nhiên, xi thép chủ yếu được sử dụng để làm vật liệu san lấp còn ứng dụng trong sản xuất bê tông vẫn chưa phổ biến. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xi thép đến một số tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn (BTĐL) sử dụng cát nghiền trong xây dựng kết cấu áo đường ô tô. Cốt liệu lớn xỉ thép (CLLXT) thay thế 0 %, 50 %, và 100 % cốt liệu đá dăm để chế tạo BTĐL. Khi hàm lượng CLLXT tăng thì tính chất cơ học, khả năng chống mài mòn của BTĐL giảm, trong khi độ cứng Vebe tăng. Ở tuổi 28 ngày, cường độ chịu nén, cường độ kéo uốn và mô đun đàn hồi của BTĐL chứa 50 % hàm lượng cốt liệu xỉ thép giảm 1,8 %, 0,9 % và 7,7 %, còn độ mài mòn nhiều hơn 4,7 % so với BTĐL sử dụng hoàn toàn đá dăm truyền thống. BTĐL chứa cát nghiền sử dụng 50 % cốt liệu xỉ thép đủ điều kiện để làm mặt đường BTĐL từ cấp IV trở xuống.

**Từ khóa:** Bê tông đầm lăn, xỉ thép, cát nghiền, tro bay, tính chất cơ học.

@ 2024 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, sản lượng gang thép được sản xuất bằng công nghệ lò chuyển chiếm tới 70%, công nghệ lò điện hồ quang chiếm gần 28 %, một số ít còn lại (khoảng 2 %) được luyện bằng công nghệ lò điện cảm ứng [1]. Xi thép tại Bà Rịa - Vũng Tàu là sản phẩm tạo ra từ quá trình luyện thép bằng công nghệ lò điện hồ quang (EAF), loại xỉ này có màu xám đen, khối lượng thể tích lớn hơn so với đá tự nhiên (khoảng 15-25 %). Xi thép EAF có khả năng nở do

chứa vôi, ôxít magiê tự do trong thành phần [2]. Ngày nay, xi thép không được xem là chất phế thải nếu đã qua xử lý, tái chế và có hướng sử dụng hợp lý, đồng thời quy định bắt buộc các công ty luyện thép phải tái chế xi thép, hạn chế chôn lấp. Các ứng dụng của xi thép trong lĩnh vực xây dựng có thể kể đến: cốt liệu cho bê tông, sản xuất gạch bê tông, vật liệu làm móng đường, đắp nền cho xây dựng công trình. Việc sử dụng xi thép hiệu quả không những nâng cao chất lượng cho công trình đường ô tô, giảm giá thành xây dựng mà còn khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường sinh thái.

BTĐL là loại bê tông sử dụng lượng nước ít và khô, được rải và đầm chặt bằng lu. Trên thế giới, bê tông đầm lăn được ứng dụng đầu tiên trong xây dựng công trình giao thông là làm mặt đường ở Thụy Điển đầu năm 1930, sau đó Đoàn kỹ sư Quân đội Mỹ xây dựng đường băng ở Yakima, Washington năm 1942. Còn tại Việt Nam bê tông đầm lăn chủ yếu dùng trong xây dựng đập trọng lực cho thủy điện, điển hình đập thủy điện Sơn La sử dụng gần 3 triệu m<sup>3</sup> bê tông đầm lăn, tuy nhiên để sử dụng trong xây dựng đường đang còn hạn chế [3].

Trong hơn thập kỷ qua, việc sử dụng xi EAF thay thế cốt liệu tự nhiên trong bê tông ngày càng trở nên phổ biến nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường [4, 5]. Trong nghiên cứu [6, 7] chỉ ra rằng khi sử dụng 20% tro bay cho BTĐL có chứa cốt liệu xi EAF tạo ra loại bê tông chất lượng tốt có thể dùng làm mặt đường. Theo Jigar P.Patel [8] cho rằng tính chất cơ học của bê tông xi thép gần như tương tự so với bê tông truyền thống khi xi thép thay thế đá dăm khoảng 50-75 %.

Trong khi nguồn cát tự nhiên hạt to ngày càng khan hiếm, nguồn cát nghiền được thay thế là điều bắt buộc nhưng ảnh hưởng của nó đến tính chất của BTĐL cốt liệu lớn xi thép chưa được đánh giá. Tính nhám bề mặt và góc cạnh của cốt liệu ảnh hưởng ít nhiều đến khả năng đầm chặt, tính công tác khi thi công. Việc sử dụng hai loại cốt liệu là xi thép và cát nghiền có cấu trúc bề mặt đặc thù sẽ tác động như thế nào đến tính chất của BTĐL cần được xem xét. Tính góc cạnh của cát nghiền và bề mặt gồ ghề của xi thép có thể được khắc phục bằng cách sử dụng tro bay để giảm ma sát giữa các cốt liệu khi lu lèn.

Hiện nay, việc nghiên cứu các tính chất của BTĐL làm mặt đường sử dụng cốt liệu lớn xi thép và cát nghiền chưa được đánh giá đầy đủ, mức độ ảnh hưởng hàm lượng dùng cốt liệu lớn xi thép đến các tính chất của BTĐL có chứa cát nghiền cần được xem xét để tìm ra giải pháp sử dụng tối ưu nhất. Nghiên cứu sau trình bày kết quả đánh giá mức độ ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu lớn xi thép đến độ cứng Vebe, cường độ, độ mài mòn của bê tông đầm lăn dùng hoàn toàn là cát nghiền trong xây dựng đường ô tô.

## **2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG ĐẦM LĂN**

### **2.1 Xi măng**

Nghiên cứu này sử dụng loại xi măng Insee PCB40 có cường độ chịu nén theo TCVN 6016:2011 ở 28 ngày tuổi là 42,7 MPa; khối lượng riêng của xi măng 3,10 g/cm<sup>3</sup>; lượng nước tiêu chuẩn : 31,8 %.

### **2.2 Tro bay**

Tro bay dùng trong nghiên cứu này được lấy từ nhà máy Formusa, Nhơn Trạch có chỉ tiêu lý, hóa trình bày ở bảng 1. Tro bay từ nhà máy Formusa, Nhơn Trạch, Đồng Nai hay có các chỉ tiêu chất lượng phù hợp loại F trong quy định của ASTM C618.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm chỉ tiêu lý, hóa của tro bay Formusa, Nhơn Trạch [9].

STT	Tên các chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm
1	Hàm lượng mất khi nung	%	ASTM C311 - 02	3,2
2	Hàm lượng oxit silic (SiO <sub>2</sub> )	"	"	51,1
3	Hàm lượng oxit nhôm (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	"	"	33,0
4	Hàm lượng oxit sắt (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	"	"	5,1

### 2.3 Cốt liệu

Tính chất cơ lý vật liệu chế tạo BTĐL có kết quả trình bày ở bảng 2 và bảng 3.

#### +) Cốt liệu lớn:

- Đá dăm: Loại 5x20mm (kết hợp 50 % đá 10x20mm và 50 % đá 5x10mm) được loại đá có các chỉ tiêu đạt yêu cầu của TCVN 7570-2006.
- Xi thép: Sử dụng xi thép lấy tại Bà Rịa - Vũng Tàu được sàng lọc các cỡ hạt không phù hợp sao cho thành phần hạt tương đương cốt liệu lớn đá dăm sau phối trộn (loại đá 5x20mm).

#### +) Cốt liệu nhỏ: Là cát nghiền có các chỉ tiêu cơ lý ở bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ lý của các loại cốt liệu cho BTĐL.

Chỉ tiêu	Đơn vị	Đá 5x20mm	Xi thép	Cát nghiền
Mô đun độ lớn (M <sub>dl</sub> )	-	-	-	4,02
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,795	3,343	2,801
Khối lượng thể tích xốp	g/cm <sup>3</sup>	1,542	1,850	1,648
Hàm lượng chung bụi, bùn, sét	%	0,82	1,58	0,76
Độ hút nước	%	0,48	2,25	0,62
Độ mài mòn LA	%	12,8	14,6	-

Bảng 3. Thành phần hạt cốt liệu chế tạo BTĐL.

Cỡ sàng (mm)	Lượng lọt sàng (%)				
	Đá 10x20mm	Đá 5x10mm	Xi thép	Cát nghiền	Tro bay
25,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
19,5	90,6	100,0	98,4	100,0	100,0
12,5	62,2	100,0	78,5	100,0	100,0
9,5	7,6	89,1	63,9	97,6	100,0
4,75	0,5	20,8	20,7	92,3	100,0
2,36	0,1	7,6	11,1	66,5	100,0
1,18	0,0	7,0	9,4	47,6	100,0
0,60	0,0	6,9	8,6	29,0	100,0
0,30	0,0	6,6	6,9	18,1	100,0
0,15	0,0	6,2	4,1	4,7	100,0
0,075	0,0	0,1	1,7	1,2	75,9

## 2.3 Nước

Nước sử dụng cho bê tông là nước sạch, đạt tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

## 3. THÀNH PHẦN CẤP PHỐI BÊ TÔNG ĐÀM LĂN VÀ KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

### 3.1 Thành phần cấp phối BTĐL

Tính toán thành phần BTĐL được thực hiện như sau:

Bước 1: Phối hợp các thành phần cốt liệu của BTĐL nằm trong miền cấp phối tiêu chuẩn theo hướng dẫn ACI325.10 [10].

Bước 2: Tính thành phần vật liệu chế tạo BTĐL theo lý thuyết thể tích đặc tuyệt đối trên cơ sở thành phần cấp phối của cốt liệu nằm trong miền tiêu chuẩn quy định (hình 1).

Tóm tắt trình tự thực hiện như sau :

- Xác định cường độ bê tông yêu cầu 36 MPa (hệ số an toàn là 1,15) và độ cứng Vebe 20-45s
- Xác định tính chất cơ lý vật liệu: Sàng lọc, điều chỉnh thành phần hạt cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ đảm bảo khi phối trộn chúng lại với nhau có thể đầm chặt theo cấp phối liên tục của BTĐL, tính thành phần bê tông theo lý thuyết thể tích đặc tuyệt đối trên cơ sở thành phần cấp phối của cốt liệu nằm trong miền tiêu chuẩn quy định.

Lý thuyết thể tích đặc tuyệt đối thể tích tuyệt đối có thể tóm tắt như sau:

$V_X + V_N + V_C + V_D = 1000$  (lít). Trong đó :  $V_X, V_N, V_C, V_D$  là thể tích hoàn toàn đặc của xi măng, nước, cát, đá (cốt liệu lớn) trong  $1m^3$  bê tông.

- Tính toán khối lượng cho một mẻ trộn và tiến hành thí nghiệm độ cứng Vebe, đúc và bảo dưỡng mẫu thử nghiệm cho đến ngày tuổi thí nghiệm.
- Thí nghiệm và xử lý kết quả.

Kí hiệu các loại BTĐL (Hàm lượng cốt liệu tính theo khối lượng):

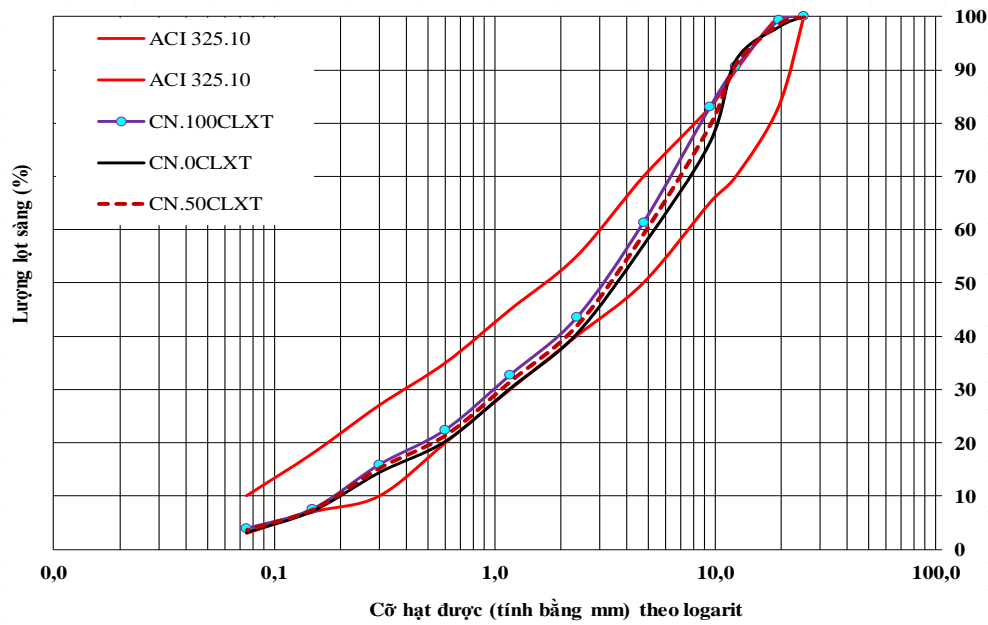
- BTĐL đối chứng \_ Dùng 100 % cốt liệu lớn đá dăm: CN.0XT
- BTĐL với 100% CLLXT: CN.100XT
- BTĐL với 50 % CLLXT, 50 % cốt liệu lớn đá dăm: CN.50XT

Bảng 4. Thành phần cấp phối bê tông đầm lăn.

Cấp phối BTĐL	Xi măng	Tro bay	Cát nghiền	Đá 5x20mm	Đá 5x10mm	Xi thép	Nước
CN.0XT	298	75	1118	457	457	0	153
CN.100XT	298	75	1208	0	0	987	153
CN.50XT	298	75	1167	237,5	237,5	475	153

Bảng 5. Thành phần cấp phối của các tổ hợp BTĐL.

Cỡ sàng (mm)	Lượng lọt sàng (%)			
	CN.0XT	CN.100XT	CN.50XT	Tiêu chuẩn ACI 325.10 [10]
25,4	99,99	100,00	100,00	100
19,5	97,94	99,32	98,64	83-100
12,5	91,77	90,63	91,21	70-90
9,5	76,25	83,01	79,64	65-83
4,75	57,08	61,39	59,25	50-70
2,36	40,41	43,48	41,96	40-55
1,18	30,25	32,76	31,51	30-45
0,60	20,34	22,46	21,40	20-35
0,30	14,47	15,89	15,18	10-27
0,15	7,28	7,61	7,44	7-18
0,075	3,26	3,89	3,57	3-10



Hình 1. Thành phần cấp phối của các tổ hợp BTĐL.

### 3.2 Kế hoạch thực nghiệm

Tính toán thành phần cấp phối BTĐL có cường độ 36 MPa như bảng 4 cho một mẻ trộn, sau khi trộn mẫu tiến hành đo độ cứng Vebe cho từng tổ hợp.

Bảng 6. Số lượng mẫu thí nghiệm.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Số lượng mẫu thí nghiệm			Kích thước mẫu thí nghiệm
	CN.0XT	CN.100XT	CN.50XT	
$R_n$ (7, 28, 56 ngày)	9	9	9	10x10x10 cm
$R_u$ (7, 28, 56 ngày)	9	9	9	10x10x40 cm
$E_{dh}$ (28 ngày)	6	6	6	10x10x10 cm
Độ mài mòn (28 ngày)	3	3	3	7,07x7,07,7,07 cm
Tổng cộng	27	27	27	

Tổng cộng 3 tổ hợp có tất cả 81 mẫu BTĐL các loại được chế tạo, bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn theo TCVN 3105:2022 cho đến ngày tuổi thí nghiệm. Trong đó sử dụng ASTM C1170-91 (Phụ lục A) để thử độ cứng Vebe, TCVN 3118:2022 để xác định  $R_n$ , TCVN 3119:2022 để xác định  $R_u$ , TCVN 5726:2022 để xác định  $E_{dh}$ , TCVN 3114:2022 để xác định độ mài mòn

### 3.3 Phương pháp thực nghiệm

Thiết kế hỗn hợp BTĐL với độ cứng Vebe từ 20 - 45s. Với thành phần cấp phối như trình bày ở bảng 4.

## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

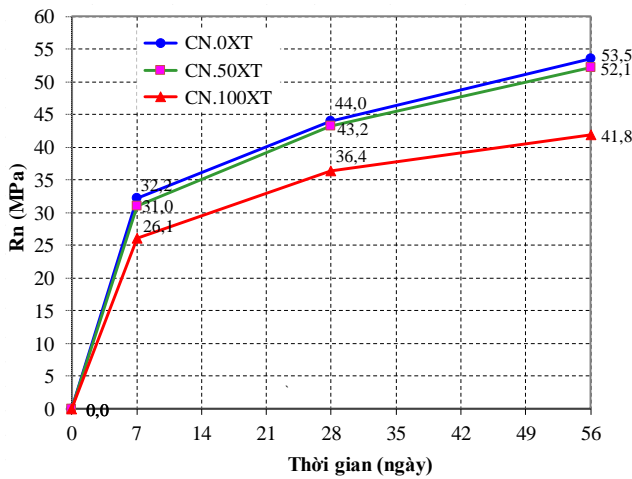
### 4.1 Kết quả thí nghiệm

Từ kết quả nghiên cứu về cường độ:  $R_n$ ,  $R_u$ ,  $E_{dh}$ , độ mài mòn của BTĐL được thể hiện trên các biểu đồ hình (2-7).

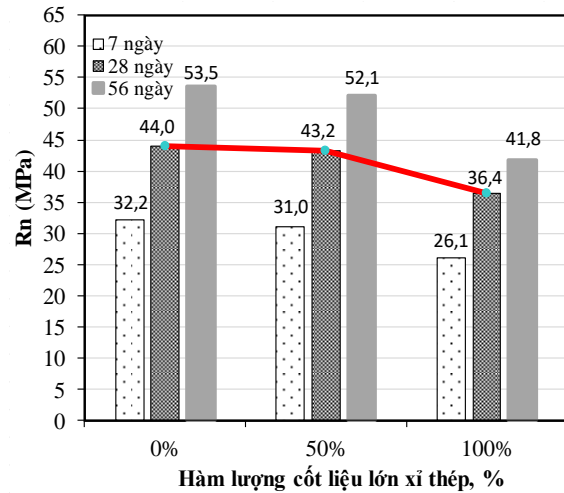
#### 4.1.1 Độ cứng vebe, cường độ chịu nén ( $R_n$ )

➤ Khi sử dụng cốt liệu lớn xi thép là 0 %, 50 %, 100 % thì độ cứng vebe của BTĐL chứa cát nghiền lần lượt là 28 s, 42 s, 73 s. Như vậy khi hàm lượng xi thép càng nhiều thì độ cứng bê tông giá trị càng lớn và khi dùng hoàn toàn cốt liệu lớn xi thép thì độ cứng của BTĐL không đạt yêu cầu cho bê tông làm mặt đường ô tô (20-45 s).

➤ Kết quả thí nghiệm  $R_n$  của BTĐL dùng cát nghiền được thể hiện ở hình 2 và hình 3.



Hình 2.  $R_n$  của BTĐL theo thời gian.



Hình 3.  $R_n$  của BTĐL theo hàm lượng CLLXT.

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi hàm lượng cốt liệu lớn xi thép càng tăng thì  $R_n$  của BTĐL càng giảm ở các ngày tuổi;  $R_n$  của tuổi 7 ngày so với tuổi 28 ngày khi hàm lượng cốt liệu lớn xi thép sử dụng 0 %, 50 %, 100 % lần lượt là 73,2 %, 71,8 %, 71,7 %; còn  $R_n$  tuổi 56 ngày tăng so với tuổi 28 ngày tương ứng là: 21,6 %, 20,6 %, 14,8 %.

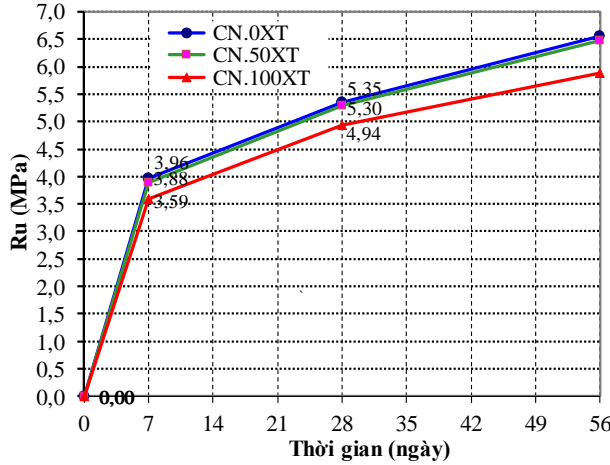
Kết quả này cho thấy hàm lượng xi thép càng nhiều thì tốc độ tăng  $R_n$  ở tuổi sớm và ở tuổi muộn (56 ngày) càng chậm;

Khi sử dụng 50 %, 100 % cốt liệu lớn xi thép thì  $R_n$  của BTĐL giảm so với cấp phối đối chứng; Ở tuổi 7 ngày giảm lần lượt là: 3,7 %, 18,9 %; ở tuổi 28 ngày mức giảm là: 1,8 %, 17,3%, còn ở tuổi 56 ngày mức giảm là: 2,6 %, 21,9 %;

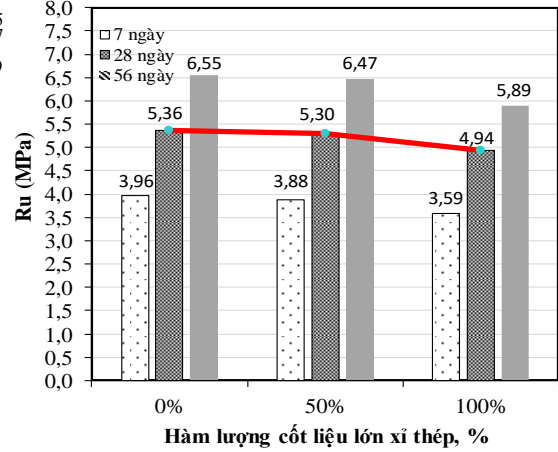
Từ kết quả thực nghiệm cho thấy với hàm lượng xỉ thép thay thế đá dăm là 50 % thì  $R_u$  của BTĐL ở các ngày tuổi giảm không đáng kể so với khi sử dụng hoàn toàn là cốt liệu lớn đá dăm.

#### 4.1.2 Cường độ chịu kéo khi uốn ( $R_u$ )

Kết quả thí nghiệm  $R_u$  được thể hiện ở hình 4 và hình 5.



Hình 4.  $R_u$  của BTĐL theo thời gian.



Hình 5.  $R_u$  của BTĐL theo hàm lượng CLLXT.

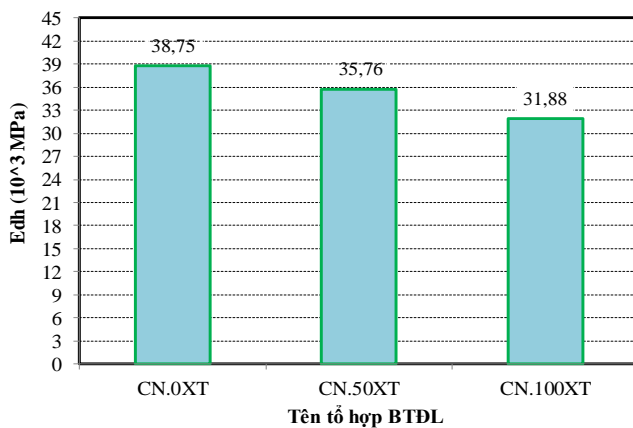
Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy khi làm lượng cốt liệu lớn xỉ thép càng nhiều thì  $R_u$  của BTĐL càng giảm ở các ngày tuổi; tốc độ  $R_u$  của tuổi 7 ngày so với tuổi 28 ngày khi hàm lượng cốt liệu lớn xỉ thép sử dụng 0 %, 50 %, 100 % lần lượt là 74,0 %, 73,2 %, 72,7 %;  $R_u$  tuổi 56 ngày tăng so với tuổi 28 ngày tương ứng là: 22,4 %, 22,1 %, 19,2 %;

Khi dùng 50 %, 100 % cốt liệu lớn xỉ thép thì ở tuổi 7 ngày  $R_u$  giảm so với sử dụng 100% cốt liệu lớn đá dăm lần lượt là: 2,0 %, 9,3 %; ở tuổi 28 ngày giảm lần lượt là: 0,9 %, 7,7 % và ở tuổi 56 ngày giảm lần lượt là: 1,2 %, 10,1 %;

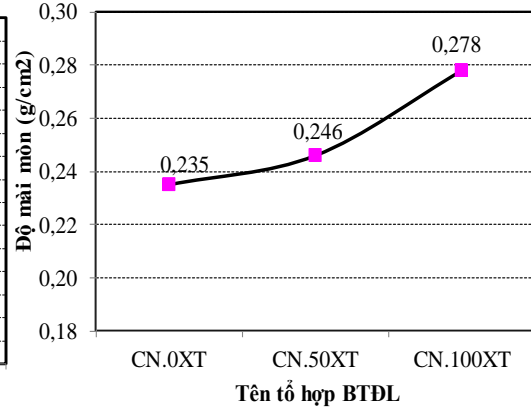
Từ kết quả thực nghiệm cho thấy với hàm lượng xỉ thép thay thế đá dăm là 50% thì  $R_u$  của BTĐL ở 28, 56 ngày tuổi tương đương so với khi sử dụng hoàn toàn là cốt liệu lớn đá dăm tự nhiên.

#### 4.1.3 Mô đun đàn hồi khi nén tĩnh ( $E_{dh}$ ) và độ mài mòn

Kết quả  $E_{dh}$  và độ mài mòn của BTĐL ở tuổi 28 ngày được thể hiện ở hình 6 và hình 7.



Hình 6.  $E_{dh}$  của BTĐL.



Hình 7. Độ mài mòn của BTĐL.



Kết quả thực nghiệm cho thấy ở tuổi 28 ngày, so với BTĐL đối chứng thì BTĐL sử dụng 50 %, 100 % cốt liệu lớn xi thép có  $E_{dh}$  giảm lần lượt là: 7,7 % và 17,7 %; còn độ mài mòn nhiều hơn lần lượt là: 4,7 %, 18,3 %.

#### 4.2 Thảo luận và đánh giá

+ Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng cường độ của BTĐL xi thép ở tất cả các ngày tuổi đều giảm khi tăng hàm lượng (tỷ lệ) cốt liệu lớn xi thép. Sự giảm cường độ của BTĐL có thể là do thành phần hạt đá vôi trong xi thép hồ quang điện gây ra [3]. Thành phần vôi tự do trong xi thép tuy chỉ chiếm khoảng vài phần trăm nhưng gây ảnh hưởng xấu đến vùng chuyển tiếp (ITZ: interface transition zone) giữa bề mặt cốt liệu và hồ xi măng.

+ Khi bổ sung các hạt cát nghiền có kích cỡ phù hợp mà xi thép còn thiếu đã tạo ra cấp phối liên tục, dễ đầm chặt hơn. Nhưng bề mặt gồ ghề, góc cạnh của cả xi thép và cát nghiền đã tạo ra ma sát lớn giữa các hạt cốt liệu khi đầm chặt, trong khi lượng nước sử dụng ít, các cấp phối dùng lượng nước là như nhau nên khi sử dụng hoàn toàn là xi thép thì bê tông khó đầm hơn, cấu trúc bê tông sẽ kém chặt làm cường độ bê tông giảm. Tuy nhiên, khi dùng cốt liệu lớn đá dăm đã giảm bớt ma sát cốt liệu, bê tông dễ đầm chặt, cấu trúc chặt hơn nên tính chất cơ học của BTĐL được cải thiện so với khi dùng hoàn toàn là cốt liệu xi thép. Kết quả thí nghiệm cho thấy sự có mặt các hạt gồ ghề của cốt liệu xi thép đã ảnh hưởng xấu đến cường độ và khả năng chống mài mòn của BTĐL.

+ Mặt khác, theo nghiên cứu [11] thì ở giai đoạn đầu phản ứng puzzolanic của tro bay là chậm hơn so với quá trình hydrat hóa của xi măng; Giai đoạn sau, phản ứng puzzolanic của tro bay tạo các khoáng C-S-H làm tăng cường độ của bê tông ở tuổi muộn. BTĐL sử dụng hàm lượng tro bay lớn, các hạt này hình cầu, kích cỡ rất mịn nên có khả năng lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu, cải thiện độ chặt cấu trúc, tăng dính bám giữa hồ xi măng và cốt liệu đã làm cho  $R_u$  tăng nhiều hơn so với bê tông truyền thống.

+ Dựa vào khuyến cáo trong quyết định số 4452/QĐ-BGTVT [12] thì với hàm lượng cốt liệu lớn xi thép thay thế đá dăm từ 0-50 % cho các tính chất của BTĐL đủ điều kiện làm mặt đường bê tông từ cấp IV trở xuống ( $R_u \geq 4,0$  MPa, độ cứng Vebe từ 20-45 giây, độ mài mòn  $\leq 0,6$  g/cm<sup>2</sup> và BTĐL chỉ dùng làm mặt đường từ cấp IV trở xuống).

### 5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau :

+ Hàm lượng CLLXT càng nhiều thì độ cứng Vebe của BTĐLXT càng tăng. BTĐL sử dụng hoàn toàn CLLXT thì độ cứng Vebe không đạt yêu cầu của BTĐL làm mặt đường ô tô.

+ Hàm lượng cốt liệu lớn xi thép càng tăng thì càng làm suy giảm cường độ ( $R_n$ ,  $R_u$ ,  $E_{dh}$ ) và ảnh hưởng xấu đến khả năng chống mài mòn của BTĐL so với BTĐL đối chứng. Ở 28 ngày tuổi, khi dùng 50 % cốt liệu lớn xi thép thay thế đá dăm thì  $R_n$ ,  $R_u$ ,  $E_{dh}$  của BTĐL giảm 1,8 %, 0,9 %, 7,7 %; còn độ mài mòn nhiều hơn 4,7% so với khi dùng hoàn toàn cốt liệu lớn đá dăm tự nhiên.

+ Khi thay thế từ 0-50% cốt liệu lớn đá dăm bằng xi thép thì các tính chất của BTĐL chứa cát nghiền đáp ứng được yêu cầu trong xây dựng mặt đường bê tông từ cấp IV trở xuống.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quốc Hiền, Mai Hồng Hà, Nghiên cứu tái chế xỉ lò từ nhà máy luyện thép để sử dụng làm vật liệu cho các lớp đường giao thông, Đề tài cấp Bộ- Bộ Giao thông vận tải, Trường Đại học Giao thông vận tải thành phố Hồ Chí Minh, 2015.
- [2] Quyết định về việc : “Ban hành Chỉ dẫn kỹ thuật: Xi gang và xỉ thép sử dụng làm vật liệu xây dựng”, 430/QĐ-BXD, Bộ xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 16/5/2017.
- [3] Nguyễn Thanh Sang, Nghiên cứu thực nghiệm về bê tông đầm lăn làm kết cấu mặt đường ô tô, Tạp chí GTVT, 7 (2013) 11-13.
- [4] World Steel Association, in: World Steel in Figures 2016, World Steel Assoc., 2016, pp.3–30.
- [5] M.N.T Lam, D.H. Le, Saravut Jaritngam, Compressive strength and durability properties of roller-compacted concrete pavement containing electric arc furnace slag aggregate and fly ash, Construction and Building Materials, 191 (2018) 912-922. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.080>
- [6] M.N.T Lam, Saravut Jaritngam, D.H. Le, Roller-compacted concrete pavement made of Electric Arc Furnace slag aggregate: Mix design and mechanical properties, Construction and Building Materials, 154 (2017) 482-495. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.240>
- [7] American Concrete Pavement Association, Roller-Compacted Concrete Pavements as Exposed Wearing Surface, 2014, pp. 1–29.
- [8] J.P.Patel, Broader use of steel slag aggregates in concrete, Masters of science in civil engineering, Cleveland State University, 2008.
- [9] Nguyễn Đức Trọng, Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến tính chất của bê tông đầm lăn sử dụng hỗn hợp cát mịn tự nhiên và cát nghiền, Tạp chí Khoa học GTVT, 4 (2016) 43-47.
- [11] Nguyễn Đức Trọng, Trương Văn Đoàn, Trương Quang Việt, Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến một số tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn sử dụng xỉ thép trong xây dựng đường ô tô ở Bà Rịa - Vũng Tàu, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy Lợi và Môi Trường, 59 (2017) 101-107.
- [12] Quyết định về việc : “Ban hành quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông đầm lăn trong xây dựng công trình giao thông”, 4452/QĐ-BGTVT, Bộ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam, 18/12/2015.