

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁT BIỂN CHẾ TẠO BÊ TÔNG ĐẦM LẤN LÀM LỚP MẶT ĐƯỜNG GIAO THÔNG NÔNG THÔN**  
**RESEARCH TO EVALUATE THE POSSIBILITY OF USING SEA SAND TO MAKE ROLLER COMPACTED CONCRETE AS A SURFACE LAYER FOR RURAL ROADS**

**VŨ NGỌC TRỤ<sup>a</sup>, NGUYỄN TUẤN ĐẠT<sup>b\*</sup>, VÕ NHẬT LUÂN<sup>c</sup>, TĂNG VĂN LÂM<sup>d</sup>, NGUYỄN TRỌNG DŨNG<sup>d</sup>**

<sup>a</sup>Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

<sup>b</sup>Phòng Quản lý đô thị, Quận 4, TP. Hồ Chí Minh

<sup>c</sup>Trường Đại học Văn Hiến

<sup>d</sup>Trường Đại học Mở-Địa chất

Tác giả đại diện: Email: tuandatvn88@gmail.com

Ngày nhận 14/5/2024, Ngày sửa 15/6/2024, Chấp nhận 28/6/2024

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2024.vi.vol2-5>

Tóm tắt: Trong giai đoạn khan hiếm nguồn cát sông phục vụ cho hoạt động xây dựng hiện nay, việc sử dụng cát biển, cát nhiễm mặn với mục đích thay thế cát sông trong thành phần bê tông đầm lấn là cần thiết và phù hợp với nhu cầu thực tế. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khả năng sử dụng cát biển Cần Giờ để chế tạo bê tông đầm lấn làm lớp mặt đường giao thông nông thôn. Thành phần cấp phối bê tông đầm lấn được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI 211.3R với tỷ lệ sử dụng tro bay trên xi măng theo thể tích là 0,3. Giá trị cường độ nén yêu cầu đạt được của mẫu bê tông là 27 MPa ở tuổi 28 ngày. Các yêu cầu kỹ thuật của bê tông đầm lấn sử dụng cát biển được đánh giá bao gồm độ cứng của hỗn hợp bê tông, cường độ chịu nén và độ mài mòn của các loại bê tông đầm lấn với tỷ lệ cát biển trên cốt liệu theo thể tích dao động trong khoảng từ 0,41 đến 0,50. Nghiên cứu cũng so sánh các tính chất vật lý cát biển Cần Giờ theo các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 13754:2023 để đánh giá đưa ra được các khuyến cáo khi sử dụng nguồn cát nhiễm mặn cho hỗn hợp bê tông đầm lấn.

Từ khoá: Cát biển, bê tông đầm lấn, độ cứng của hỗn hợp bê tông, cường độ chịu nén, độ mài mòn.

Abstract: In this period of very scarce river sand resources for construction activities, the use of sea sand and salt-contaminated sand to replace river sand in roller-compacted concrete is necessary and suitable to the needs of actual demand. This article presents some research results on the possibility of using the sea sand of "Can Gio" to produce roller-compacted concrete for rural road surface layers. The roller-compacted concrete mix composition is designed according to ACI 211.3R standards with a fly ash-to-cement ratio by volume of 0.3. The

required compressive strength value of the roller-compacted concrete sample is 27 MPa at the age of 28 days. The technical requirements of roller-compacted concrete using sea sand have been evaluated including the hardness of the concrete mixture, compressive strength, and abrasion resistance of tested concrete, using the ratio of sea sand- aggregate by volume ranges from 0.41 to 0.50. The study also compared the physical properties of "Can Gio" sea sand according to the technical requirements of standard TCVN 13754:2023 to provide recommendations when using salt-contaminated sand and sea sand for roller compacted concrete mixture.

Key words: Sea sand, roller compacted concrete, hardness of concrete mixture, compressive strength, abrasion.

### 1. Đặt vấn đề

Sự phát triển đồng bộ hệ thống hạ tầng giao thông nông thôn là một yêu cầu quan trọng cho việc phát triển kinh tế-xã hội của mỗi quốc gia, trong đó có Việt Nam. Để thực hiện mục tiêu này, việc ứng dụng các vật liệu mới, công nghệ thi công xây dựng mới là một trong những giải pháp tiềm năng và hứa hẹn sẽ mang lại hiệu quả cao [1, 2]. Trong đó, sử dụng công nghệ bê tông đầm lấn trong thi công lớp mặt đường cứng đã và đang được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu và các đơn vị thi công, chủ đầu tư xây dựng. Công nghệ bê tông đầm lấn đã được sử dụng ở Việt Nam từ những năm 2000 [3, 4, 5], trước tiên áp dụng xây dựng cho các đập tràn công trình đập thủy điện. Sau đó, nhiều nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ bê tông đầm lấn cho kết cấu mặt đường và đã thu được nhiều kết quả khả quan có triển vọng lớn [6, 7, 8].

Trong công nghệ bê tông đầm lấn, các thiết bị lèn được sử dụng để đầm nén và tạo hình hỗn hợp

bê tông có độ cứng cao. Vì sử dụng lượng nước và xi măng thấp nên thể tích hỗn hợp chất kết dính trong bê tông đầm lăn khá nhỏ so với các loại bê tông thông thường [1, 9, 10]. Nhiều nghiên cứu trước đây [3, 4, 11] cho rằng, trong hỗn hợp bê tông đầm lăn, tổng thành phần cốt liệu chiếm thể tích đến 75 - 85% thể tích bê tông, bởi vậy cốt liệu ảnh hưởng lớn đến nhiều tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Lựa chọn cốt liệu là nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng và đặc tính của bê tông đầm lăn. Việc lựa chọn chủng loại cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ phù hợp sẽ mang lại hiệu quả kinh tế lớn hơn và tuổi thọ của kết cấu sẽ dài hơn [1, 5, 12].

Tuy nhiên, nhu cầu cát tự nhiên dùng cho xây dựng hạ tầng cơ sở ở nước ta rất lớn. Tỷ lệ khai thác cát đang vượt quá tỷ lệ bổ sung cát tự nhiên hàng năm, vì vậy nguồn cát tự nhiên ngày càng khan hiếm, dự báo trong tương lai gần sẽ không đáp ứng đủ nhu cầu cát dùng cho xây dựng các công trình, đặc biệt là các công trình cơ sở hạ tầng giao thông. Việc sử dụng các nguồn cát nhân tạo, cát nghiền từ đá tự nhiên, cuội sỏi và phế thải xây dựng đang trở thành một xu hướng tất yếu hiện nay. Nhiều công trình hạ tầng giao thông có quy mô lớn, nhỏ đã sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên trước áp lực của giá thành, khối lượng sử dụng ngày càng tăng, cũng như vùng nguyên liệu khai thác cát tự nhiên ngày càng bị thu hẹp [13]. Tuy vậy, do nhiều khó khăn về nguồn nguyên liệu đầu vào nên lượng cát nhân tạo chỉ mới được sử dụng khoảng 2,5% sản lượng [14]. Những năm gần đây, xu hướng sử dụng được các nguồn cát tại chỗ như cát nhiễm mặn, cát biển trong chế tạo bê tông và vừa xây dựng đã mang lại nhiều lợi ích to lớn. Trên thế giới, cát cho xây dựng được chế biến từ cát biển sử dụng cho chế tạo bê tông đã được sử dụng ở nhiều nước, tiêu biểu như: Nhật Bản, Anh, Hàn

Quốc, Đài Loan, Hồng Kông và một số khu vực ven biển của Trung Quốc [15].

Tuy vậy, theo hầu hết tiêu chuẩn, quy phạm về cát sử dụng cho bê tông của các nước trên thế giới thì cát nhiễm mặn không được phép sử dụng cho bê tông, đặc biệt bê tông cốt thép do chúng chứa lượng muối, đặc biệt là ion clo lớn nên ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ bền bê tông và tính ăn mòn cốt thép trong bê tông [13]. Nhưng hướng nghiên cứu cát biển thay cát sông trong chế tạo bê tông đầm lăn làm lớp mặt đường giao thông nông thôn vẫn chưa quan tâm nghiên cứu.

Từ các phân tích trên có thể thấy rằng, nghiên cứu khả năng sử dụng trực tiếp cát biển khu vực Cần Giờ (TP. Hồ Chí Minh) trong việc chế tạo hỗn hợp bê tông đầm lăn (BTĐL) làm lớp mặt đường giao thông nông thôn là hướng nghiên cứu khả thi và có hiệu quả vừa đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của kết cấu mặt đường giao thông nông thôn, vừa tiết kiệm chi phí phát sinh cho nguồn cát sông đang khan hiếm và cạn kiệt. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng so sánh các tính chất vật lý cát biển Cần Giờ theo các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 13754:2023 để đánh giá, đưa ra được các khuyến cáo khi sử dụng nguồn cát nhiễm mặn cho hỗn hợp bê tông đầm lăn.

## 2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Vật liệu sử dụng

Vật liệu đã sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm:

2.1.1 Chất kết dính gồm có hai thành phần là xi măng Portland PC40 Bút Sơn và tro bay nhiệt điện Phả Lại

a) Xi măng Portland PC40 (X) Bút Sơn thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682:2020. Các tính chất cơ lý của xi măng Portland PC40 Bút Sơn được giới thiệu trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Tính chất cơ lý của xi măng Portland PC40 Bút Sơn

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Kết quả
1	Độ mịn, theo phương pháp Blaine	cm <sup>2</sup> /g	3520
2	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,65
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên	kg/m <sup>3</sup>	1650
4	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,7
5	Thời gian đông kết:		
	Thời gian bắt đầu:	Phút	120
	Thời gian kết thúc:	Phút	180
6	Cường độ nén ở các tuổi:		
	Tuổi 3 ngày:	MPa	28,5
	Tuổi 28 ngày:	MPa	47,5
7	Độ ổn định thể tích, phương pháp Le Chaterlier	mm	6,5

# VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

Thành phần khoáng vật và thành phần hóa học của xi măng Portland PC 40 Bút Sơn được trình bày trong các bảng 2 và bảng 3.

**Bảng 2. Thành phần khoáng vật của xi măng Portland PC 40 Bút Sơn**

Thành phần khoáng vật (%)				
Tricanxi-silicat C <sub>3</sub> S	Dicanxi-silicat C <sub>2</sub> S	Tricanxi-aluminat C <sub>3</sub> A	Tetrecanxi-Alumino-Ferit C <sub>4</sub> AF	Thành phần khác
55,1	27,2	5,1	11,3	1,3

**Bảng 3. Thành phần hóa học của xi măng Portland PC 40 Bút Sơn**

Thành phần hóa học (%)										
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	CO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mất khi nung
18,6	4,5	3,1	3,1	0,6	0,2	3,2	63,6	-	0,9	2,2

b) Tro bay (TB) loại F của nhà máy nhiệt điện "Phả Lại" thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014

Thành phần hóa học và các tính chất vật lý cơ bản của tro bay nhiệt điện Phả Lại được thể hiện trong các bảng 4 và bảng 5.

**Bảng 4. Tính chất vật lý của tro bay nhiệt điện Phả Lại**

STT	Loại vật liệu	Tro bay nhiệt điện Phả Lại
1	Tỷ diện bề mặt riêng (cm <sup>2</sup> /g)	3750
2	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	2,35
3	Khối lượng thể tích khô (kg/m <sup>3</sup> )	1570

**Bảng 5. Thành phần hóa học của tro bay nhiệt điện Phả Lại**

Thành phần hóa học (%)									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mất khi nung
60,22	21,17	5,85	2,42	1,25	1,23	0,57	2,12	1,03	4,14

Như vậy, tổng hàm lượng chất kết dính (CKD) trong hỗn hợp bê tông đầm lăn được xác theo công thức số (1):

$$CKD = X + TB \quad (1)$$

## 2.1.2 Cốt liệu nhỏ

Cát nhiễm mặn sử dụng cho nghiên cứu này gồm cát biển Cần Giờ (CB) tại khu vực biển Cần Giờ - Hồ Chí Minh. Cát biển được sàng sơ bộ qua sàng kích thước 5,0 mm để loại bỏ lượng vỏ sò và các hạt thô. Các tính chất cơ lý và thành phần hạt của cát biển Cần Giờ được trình bày trong bảng 6 và bảng 7.

**Bảng 6. Tính chất cơ lý của các loại cát sử dụng cho nghiên cứu**

STT	Tên chỉ tiêu xác định	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo yêu cầu TCVN 13754:2023
1	Nguồn gốc	-	Cát biển Cần Giờ	-
2	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,63	-
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	1450	-
4	Độ hở giữa các hạt cốt liệu	%	45,1	-
5	Độ hút nước	%	1,25	-
6	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,87	< 2,0
7	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	So màu	Không sẫm hơn màu chuẩn	-
8	Hàm lượng vỏ sò	%	8,5	< 8
9	Hàm lượng ion Cl <sup>-</sup>	%	0,18	< 0,15
10	Hàm lượng SO <sub>3</sub>	%	0,02	< 1,0

**Bảng 7. Thành phần hạt của cát biển Cần Giờ sử dụng cho nghiên cứu**

STT	Đường kính mắt sàng	Lượng sót sàng tích lũy theo thí nghiệm (%)	Lượng sót sàng tích lũy theo TCVN 13754:2023 (%)
1	5,0 mm	0	0
2	2,5 mm	2,9	0÷20
3	1,25 mm	16,7	15÷45
4	630 µm	42,3	35÷70
5	315 µm	80,5	65÷90
6	140 µm	92,5	90÷100
7	< 140 µm	8,8	< 10
8	Mô đun độ lớn $M_{đl}$	2,44	2,0÷3,3

Từ kết quả thí nghiệm trên các bảng số 6 và số 7 cho thấy, mẫu cát biển Cần Giờ đã khảo sát có các tính chất vật lý như thành phần hạt, mô đun độ lớn, khối lượng riêng, khối lượng thể tích cơ bản đáp ứng các yêu cầu trong tiêu chuẩn TCVN 13754:2023 “Cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa” [16] và được xếp vào loại cát thô. Tuy nhiên, hàm lượng vôi sò và ion Clo trong cát biển Cần Giờ vượt qua mức quy định trong tiêu chuẩn này. Do đó, để sử dụng làm cốt liệu nhỏ cho các loại bê tông xi măng khác nhau, cát biển cần phải được xử lý để giảm hàm lượng ion Clo và giảm hàm lượng vôi sò. Thực nghiệm cho thấy, cát biển Cần Giờ qua rửa bằng nước sạch sinh hoạt

trong vòng từ 5 đến 10 phút, sấy khô và sàng qua sàng 5 mm đã thu được sản phẩm cốt liệu nhỏ có khả năng giảm lượng ion Clo và lượng vôi sò xuống mức thấp, đáp ứng được yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 13754:2023 quy định về cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa của Việt Nam.

**2.1.3 Cốt liệu lớn cho bê tông**

Cốt liệu lớn sử dụng cho chế tạo bê tông đầm lăn là loại đá dăm (Đ) có kích thước hạt 5÷20 mm. Đá dăm sử dụng có nguồn gốc từ đá vôi mỏ đá Kiện Khê – Hà Nam. Tính chất cơ lý và thành phần hạt của đá thể hiện trong bảng số 8.

**Bảng 8. Tính chất cơ lý của đá dăm**

STT	Tên chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo TCVN 7570:2006
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,71	-
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	1450	-
3	Độ hồng giữa các hạt cốt liệu	%	46,5	-
4	Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	13,32	< 15
5	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,78	< 2,0
6	Lượng sót sàng tích lũy trên các sàng:			
	40 mm	%	0	0
	20 mm	%	5,7	0÷10
	10 mm	%	58,3	40÷70
	5 mm	%	97,2	90÷100

Vì vậy, trong nghiên cứu này, tổng hàm lượng cốt liệu (CL) sử dụng trong hỗn hợp bê tông đầm lăn được xác định theo công thức:

$$CL = CB + Đ \tag{2}$$

**2.1.4 Nước sạch**

Nước sử dụng trộn mẫu trong nghiên cứu này là nước máy sinh hoạt thành phố Hà Nội. Tính chất của nước phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 4506:2012 - “Nước trộn cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật”.

**2.2 Phương pháp nghiên cứu**

**2.2.1 Các tiêu chuẩn thí nghiệm**

Trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với kiểm chứng bằng thực nghiệm để điều chỉnh tính chất của hỗn hợp bê tông đầm lăn thu được. Các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông đầm lăn được khảo sát như sau: Lấy mẫu, đúc mẫu trên bàn rung và bảo dưỡng mẫu bê tông đầm lăn được thực hiện theo TCVN 3105:2022. Xác định độ cứng của hỗn hợp bê tông đầm lăn được thực hiện theo TCVN 3107:2022. Độ mài mòn và giá khối lượng thể tích của bê tông đầm lăn được xác định lần lượt theo TCVN 3114:2022 và TCVN 3115:2022. Bên cạnh đó, cường độ chịu nén của bê tông đầm lăn được thực hiện theo các yêu cầu của TCVN 3118:2022.

# VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

## 2.2.2 Phương pháp tính toán cấp phối của hỗn hợp bê tông đầm lăn

Theo nhiều nghiên cứu về bê tông đầm lăn [2-6] cho thấy, thành phần bê tông đầm lăn được lựa chọn dựa trên quan hệ giữa cường độ nén và một số tính chất khác với tỷ lệ N/CKD. Mục tiêu của các phương pháp này là khối lượng hồ xi măng cần vừa đủ để lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu để hỗn hợp bê tông sau khi lèn chặt có độ rỗng nhỏ hơn.

Trong nghiên cứu này, thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông đầm lăn được tính toán dựa trên cơ sở của tiêu chuẩn ACI 211.3R [17] kết hợp với một số kết quả nghiên cứu về bê tông đầm lăn ở Việt Nam [1-8]. Cấp phối sau khi tính toán theo tiêu chuẩn ACI 211.3R đã được điều chỉnh cho hợp lý với nguồn vật liệu trong nước.

## 2.2.3 Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông đầm lăn sau khi đã cứng rắn

Trong nghiên cứu này, các đặc tính yêu cầu về công nghệ chế tạo bê tông đầm lăn được lựa chọn như sau:

- Hỗn hợp bê tông đầm lăn được sử dụng với mục đích làm lớp rải thông thường cho mặt đường

nông thôn; nên theo ACI 211.3R thu được tỷ lệ hồ/vữa  $r_{H/V} = 0,38$  [17];

- Độ cứng của hỗn hợp bê tông đầm lăn từ 20 giây đến 40 giây được xác định bằng bộ dụng cụ Vebe cải tiến;

- Cường độ nén yêu cầu trên mẫu lập phương 150x150x150 mm ở tuổi 28 ngày mục tiêu cần đạt được từ 27 MPa;

- Tỷ lệ thể tích của cát trên tổng thể tích cốt liệu ( $V_C/V_{CL}$ ) được khảo sát trong khoảng  $V_C/V_{CL} = 0,41 - 0,50$  [1, 2].

Mặt khác, theo tiêu chuẩn ACI 211.3R với cường độ nén yêu cầu cần đạt được ở tuổi 28 ngày  $R_{yc} = 27$  MPa thu được tỷ lệ tro bay (TB) nhiệt điện Phả Lại và xi măng theo thể tích được lựa chọn trong khoảng  $V_{TB}/V_X = 0,3$  và tỷ lệ thể tích nước trên thể tích chất kết dính ( $V_N/V_{CKD}$ ) được khảo sát trong khoảng  $V_N/V_{CKD} = 1,40$ . Hơn nữa, hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông đầm lăn được lựa chọn là 2% [3, 4].

Từ những cơ sở trên kết hợp với các kết quả khảo sát thực nghiệm sơ bộ, nghiên cứu này đã chọn gốc các hệ số tỷ lệ vật liệu như trong bảng 9.

**Bảng 9.** Các tỷ lệ vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông bọt-khí dị hướng

Tỷ lệ vật liệu	$\frac{V_{TB}}{V_X}$	$\frac{V_C}{V_{CL}}$	$\frac{V_N}{V_{CKD}}$	Hàm lượng bọt khí	Tỷ lệ hồ/vữa $r_{\frac{H}{V}}$
Giá trị	0,30	0,41; 0,42; 0,43; 0,44; 0,45; 0,46; 0,47; 0,48; 0,49; 0,50	1,40	2,0%	0,38

## 2.2.4 Xác định cấp phối bê tông đầm lăn

Tính toán theo tiêu chuẩn ACI 211.3R dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu đã lựa chọn trong bảng 9 và hiệu chỉnh cấp phối phù hợp với

các tính chất của vật liệu sử dụng, nghiên cứu đã khảo sát 10 cấp phối của hỗn hợp bê tông đầm lăn có tỷ lệ thành phần cấp phối như trong bảng 10.

**Bảng 10.** Cấp phối của hỗn hợp bê tông đầm lăn

Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ vật liệu theo thể tích			Cấp phối cho 1 m <sup>3</sup> bê tông đầm lăn (kg/m <sup>3</sup> )					Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (kg/m <sup>3</sup> )
	$\frac{V_{TB}}{V_X}$	$\frac{V_N}{V_{CKD}}$	$\frac{V_C}{V_{CL}}$	X	TB	CB	Đ	N	
RCC-01	0,30	1,40	0,41	199	43	845	1252	115	2453
RCC-02			0,42	203	43	861	1225	117	2449
RCC-03			0,43	206	44	877	1198	119	2445
RCC-04			0,44	210	45	893	1171	121	2441
RCC-05			0,45	214	46	909	1145	124	2437
RCC-06			0,46	218	47	925	1119	126	2434

## VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

RCC-07			0,47	221	47	940	1093	128	2430
RCC-08			0,48	225	48	956	1067	130	2426
RCC-09			0,49	229	49	971	1042	132	2422
RCC-10			0,50	232	50	986	1016	134	2419

### 2.2.5 Tạo hình mẫu thí nghiệm trên bàn rung

Do hỗn hợp bê tông đầm lăn có độ cứng từ 20-40 giây nên các mẫu thí nghiệm được thực hiện trên bàn rung theo trình tự và yêu cầu kỹ thuật của TCVN 3105:2022. Cụ thể quá trình chế tạo mẫu đo cường độ nén theo trình tự như sau:

Đổ hỗn hợp bê tông vào khuôn theo từng lớp, mỗi lớp không cao quá 100 mm, san rải đều bề mặt hỗn hợp bê tông. Sau đó, đưa khuôn chứa mẫu chứa hỗn hợp bê tông đầm lăn lên bàn rung, kẹp chặt khuôn mẫu vào bàn rung và rung mẫu cho đến khi hỗn hợp bê tông được làm chặt (khi hồ xi măng nổi đều và không còn bọt khí trên bề mặt). Sau khi hỗn hợp bê tông được làm chặt, dùng bay gạt bỏ hỗn hợp bê tông thừa và xoa phẳng mặt mẫu.

Cần lưu ý là khi rung cần kẹp chặt khuôn mẫu vào bàn rung và đối với lớp cuối cùng nên đổ hỗn

hợp bê tông cao hơn thành khuôn để sau khi làm chặt có thể gạt bỏ hỗn hợp bê tông thừa.

### 3. Kết quả và thảo luận

Trong giới hạn của nghiên cứu này, tính chất cơ lý của mẫu bê tông đầm lăn được khảo sát gồm có: Độ cứng của hỗn hợp bê tông ĐC (giây); khối lượng thể tích của bê tông; độ mài mòn của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày và cường độ nén của mẫu bê tông đầm lăn ở tuổi 3 ngày; 7 ngày; 14 ngày; 28 ngày và 56 ngày.

Cường độ nén của mẫu được xác định ở các tuổi 3 ngày; 7 ngày; 14 ngày; 28 ngày và 56 ngày trên hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9 với tốc độ tăng tải trong nghiên cứu này là 1000 N/s. Viên mẫu được tạo hình có kích thước hình lập phương cạnh 150 mm.

Các kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này được trình bày trong bảng 11.

**Bảng 11. Tính chất cơ lý của mẫu bê tông bọt-khí dị hướng sau khi rắn chắc**

Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ vật liệu theo thể tích			Độ cứng ĐC (giây) của hỗn hợp bê tông	Giá trị cường độ nén trung bình (MPa) ở các tuổi					Cường độ kéo khi uốn ở tuổi 28 ngày (MPa)	Độ mài mòn ở tuổi 28 ngày (g/cm <sup>2</sup> )
	$\frac{V_{TB}}{V_X}$	$\frac{V_N}{V_{CKD}}$	$\frac{V_C}{V_{CL}}$		3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày	56 ngày		
RCC-01	0,30	1,40	0,41	22	9,8	16,7	24,9	28,0	31,1	3,88	0,241
RCC-02			0,42	23	10,1	16,9	25,5	28,6	31,4	4,00	0,235
RCC-03			0,43	24	10,1	17,1	25,9	28,7	32,0	4,15	0,232
RCC-04			0,44	26	10,0	16,4	24,4	27,9	30,8	3,77	0,289
RCC-05			0,45	29	9,6	16,0	24,0	27,1	29,5	3,55	0,310
RCC-06			0,46	30	9,4	15,9	23,7	26,8	29,5	3,42	0,315
RCC-07			0,47	32	9,2	15,3	23,3	26,1	28,7	3,38	0,321
RCC-08			0,48	33	9,0	15,2	22,9	25,5	28,0	3,30	0,334
RCC-09			0,49	35	8,7	14,6	22,0	24,6	27,3	3,27	0,341
RCC-10			0,50	36	8,5	14,4	21,4	24,4	27,0	3,24	0,344
Giá trị trung bình				29	9,4	15,9	23,8	26,8	29,5	3,58	0,296

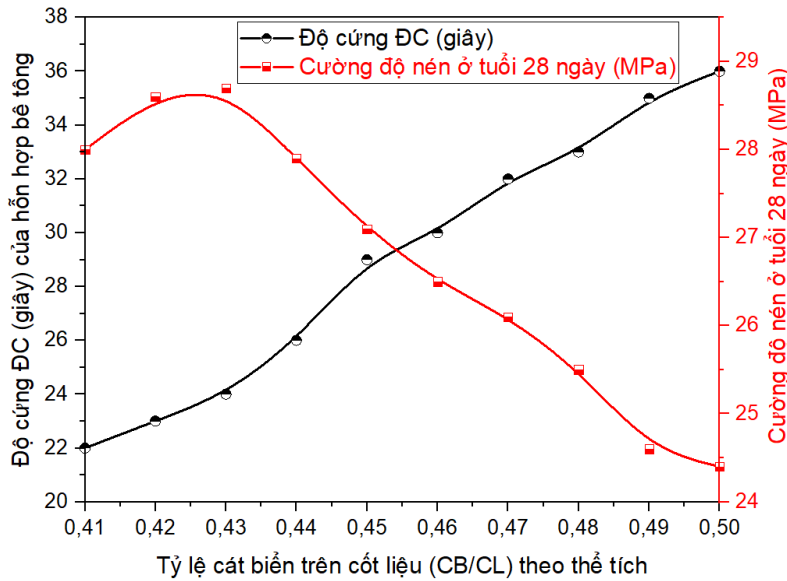
### 3.1 Ảnh hưởng của tỷ lệ cát biển trên cốt liệu đến tính chất của hỗn hợp bê tông đầm lăn

Từ kết quả thí nghiệm thu được trên bảng 11, cho thấy: Khi tỷ lệ CB/CL theo thể tích tăng từ 0,41 lên 0,50 thì các giá trị đo độ cứng của các hỗn hợp bê tông có xu hướng tăng từ 22 giây lên 36 giây. Điều này được giải thích là khi tỷ lệ CB/CL tăng đã kéo theo hàm lượng cốt liệu nhỏ - cát biển tăng và hàm lượng đá dăm giảm dần. Với thành phần cát

biển tăng và đá dăm giảm dần, kéo theo tỷ diện bề mặt của hỗn hợp cốt liệu tăng và từ đó tăng lượng cần nước để thấm ướt bề mặt hỗn hợp cốt liệu. Do đó, lượng nước để tạo thành tính công tác giảm và độ cứng của hỗn hợp bê tông tăng lên 1,6 lần (Hình 1). Nhiều nghiên cứu trước đây cũng đã chỉ ra, hỗn hợp có mức ngậm cát lớn thì độ cứng của hỗn hợp bị ảnh hưởng rõ rệt [2, 4, 18]. Tuy nhiên, tỷ lệ C/CL theo thể tích trong nghiên cứu này vẫn

đảm bảo hỗn hợp bê tông đầm lăn có tính công tác tốt cho công tác xây dựng đường nông thôn (độ cứng dao động từ 22 giây ÷ 36 giây) [2, 8]. Nhưng

khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông không thay đổi nhiều và đạt giá trị trung bình trên 2,4 tấn/m<sup>3</sup> (Bảng 10).



**Hình 1.** Ảnh hưởng của tỷ lệ CB/CL đến độ cứng hỗn hợp bê tông và cường độ nén ở tuổi 28 ngày

**3.2 Ảnh hưởng của tỷ lệ cát biển trên cốt liệu đến tính chất của bê tông đầm lăn sau khi rắn chắc**

Giá trị cường độ nén và cường độ kéo khi uốn của mẫu thí nghiệm bị ảnh hưởng nhiều khi bộ khung chịu lực của hỗn hợp giảm do lượng cát biển chiếm nhiều cấp phối bê tông đầm lăn [2-4], cụ thể như sau:

Khi tỷ lệ CB/CL tăng từ 0,41 đến 0,43 đã thu được giá trị cường độ kéo khi uốn và cường độ nén trung bình của mẫu bê tông đầm lăn tăng nhẹ. Điều này được giải thích là do một phần lượng cát biển đã bổ sung vào thành phần cốt liệu, làm cho hợp lý hơn thành phần cốt liệu, giảm được độ rỗng và tăng độ đặc chắc trong cấu trúc của sản phẩm. Sự đặc chắc về cấu trúc là nguyên nhân làm tăng cường độ nén trung bình ở các tuổi của mẫu thí nghiệm.

Mặt khác, khi mức ngậm cát tăng từ 0,44 đến 0,50 theo thể tích, cường độ nén của mẫu ở các tuổi thí nghiệm đã giảm xuống. Kết quả này được biện giải là vì cát biển có thành phần hạt nhỏ, mô đun độ lớn  $M_{dl} = 2,44$  đã giảm bộ khung cốt liệu chịu lực, đồng thời lượng dùng hồ xi măng để bao bọc xung quanh hạt cát biển cần nhiều hơn so với đá dăm. Chính vì hai yếu tố này đã giảm độ cứng của bộ khung cốt liệu chịu lực và lượng dư hồ xi măng để lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu đã giảm.

Do đó, cường độ của mẫu thí nghiệm đã giảm ở tất cả các tuổi mẫu thí nghiệm.

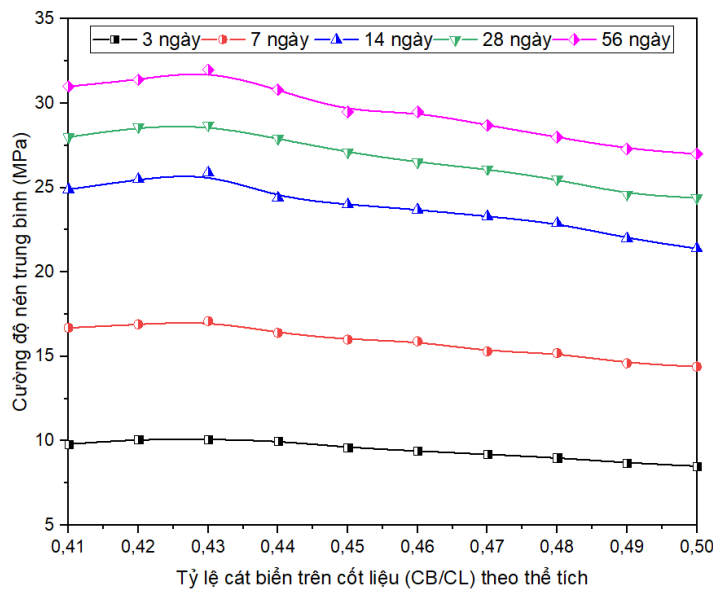
Theo lý thuyết bê tông xi măng [19], để đạt được tính công tác của hỗn hợp bê tông theo yêu cầu với cùng tỷ lệ CB/CL và lượng dùng nước, điều này đồng nghĩa với việc phải điều chỉnh lượng dùng chất kết dính để giữ nguyên tỷ lệ N/CKD, tức là cố định cường độ không đổi. Tỷ lệ CB/CL ứng với giá trị độ cứng thấp nhất trong khi hàm lượng N và tỷ lệ N/CKD theo thể tích không đổi có thể gọi là tỷ lệ CB/CL hợp lý nhất.

Tỷ lệ CB/CL hợp lý phụ thuộc chủ yếu vào độ rỗng và các đặc tính về hình dạng của cốt liệu lớn, cũng như phụ thuộc nhiều vào sự hợp lý của cấp phối hạt cốt liệu. Trên cơ sở các giá trị thực nghiệm cho thấy, cấp phối bê tông đầm lăn có tỷ lệ cát biển trên cốt liệu theo thể tích dao động trong khoảng 0,41 ÷ 0,43 đảm bảo về tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và cường độ nén của mẫu tăng ở các tuổi thí nghiệm. Điều này được sử dụng trong việc thiết kế thành phần bê tông đầm lăn sử dụng cát biển, cát nhiễm mặn ở các khu vực biển Việt Nam.

**3.3 Tốc độ phát triển cường độ nén của bê tông đầm lăn sử dụng cát biển**

Các biểu đồ tương quan thể hiện tốc độ phát triển cường độ nén theo thời gian của các mẫu bê

tông đầm lăn sử dụng cát biển được thể hiện trên hình 2.



**Hình 2.** Sự phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông đầm lăn theo thời gian

Ở tuổi 3 ngày và 7 ngày, sự ảnh hưởng của tỷ lệ CB/CL đến cường độ nén của bê tông không thể hiện rõ ràng, các mẫu có sự thay đổi cường độ không đáng kể. Tuy nhiên, ở các tuổi 14 ngày, 28 ngày và 56 ngày thì cường độ nén của các mẫu thể hiện rõ sự tăng lên khi tỷ lệ CB/CL tăng từ 0,41 đến 0,43 và giảm xuống khi tỷ lệ CB/CL tiếp tục tăng từ 0,44 đến 0,50. Sự tăng giảm cường độ nén của mẫu bê tông đầm lăn sử dụng cát biển Cần Giờ còn được giải thích một phần do hàm lượng vỏ sò và hạt mịn (kích thước < 0,14 mm) trong cát biển lớn hơn trong các loại cát sông. Chính hàm lượng này đã làm giảm cường độ của khung cốt liệu, cũng như thành phần hạt mịn là các tạp chất hữu cơ không có khả năng chịu lực. Do vậy, cường độ của mẫu bê tông đầm lăn cũng có xu hướng giảm dần khi mức ngậm cát biển tăng lên. Mặt khác, kết quả trong phạm vi nghiên cứu cho thấy, tốc độ phát triển cường độ theo thời gian có thể thấy, ở tuổi 3 ngày, 7 ngày, 14 ngày và 56 ngày, cường độ nén của mẫu bê tông đầm lăn sử dụng cát biển Cần Giờ đã lần lượt đạt trung bình khoảng 35%; 60%; 88% và 111% so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày.

**3.4 Ảnh hưởng của tỷ lệ CB/CL đến độ mài mòn trong bê tông đầm lăn**

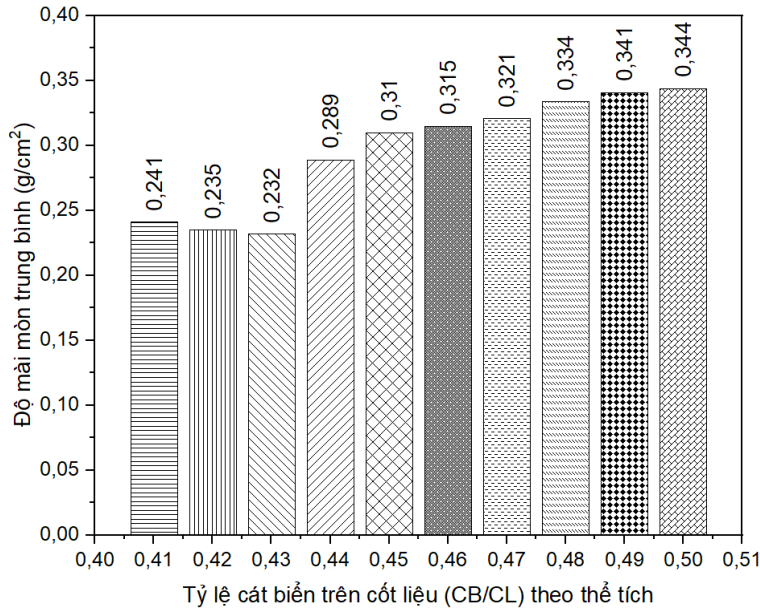
Kết quả trong phạm vi nghiên cứu cho thấy rằng, các cấp phối bê tông đầm lăn với tỷ lệ CB/CL khác nhau đều có độ mài mòn ở tuổi 28 ngày thay đổi đáng kể. Đối với kết cấu áo đường, độ mài mòn là một yêu cầu quan trọng để đảm bảo khả năng

của lớp áo đường chịu tác dụng của lực ma sát do bề mặt của bánh xe gây ra [2, 8, 18]. Khả năng chịu mài mòn của lớp áo đường bê tông đầm lăn phụ thuộc vào hai yếu tố cơ bản là cường độ chịu nén và độ cứng của cốt liệu, cụ thể là:

- Cường độ chịu nén của mẫu bê tông càng cao thì sức chịu mài mòn càng tốt. Để tạo ra sản phẩm bê tông có cường độ cao có thể sử dụng các loại phụ gia khoáng-hóa hoạt tính, giảm nước kết hợp với cốt liệu có thành phần hạt hợp lý;

- Độ cứng của cốt liệu lớn phụ thuộc vào nguồn gốc của vật liệu (đá vôi, đá dolômit, granit,...) nếu dùng cốt liệu có độ cứng kém thì sẽ tăng giá trị độ mài mòn của mẫu thí nghiệm.

Nghiên cứu cho thấy, khi tỷ lệ CB/CL từ 0,41 đến 0,43 thì độ mài mòn có xu hướng giảm nhẹ từ 0,241 g/cm<sup>2</sup> xuống 0,232 g/cm<sup>2</sup> (hình 3). Điều này có thể hiểu được một phần là do lượng cát biển bổ sung vào thành phần cốt liệu, làm hợp lý bộ khung cốt liệu chịu lực của bê tông, tăng mật độ của cốt liệu lớn tạo ra mẫu bê tông có cường độ cao hơn và độ mài mòn giảm thấp hơn. Tuy nhiên, cốt liệu nhỏ là cát biển của khu vực Cần Giờ có hàm lượng vỏ sò và lượng hạt mịn cao. Hàm lượng vỏ sò có độ cứng rất thấp và hàm lượng hạt mịn thì chủ yếu ở dạng hữu cơ với độ cứng rất kém. Đó cũng là nguyên nhân làm tăng độ mài mòn của mẫu thí nghiệm khi mức ngậm cát biển tăng từ 0,44 đến 0,50.



**Hình 3.** Ảnh hưởng của tỷ lệ CB/CL đến độ mài mòn trung bình của bê tông đầm lăn sử dụng cát biển Cần Giờ

Theo TCVN 10380:2014 đã đưa ra các chỉ tiêu kỹ thuật bê tông dùng trong mặt đường giao thông nông thôn được trình bày trong Bảng 12.

**Bảng 12.** Chỉ tiêu kỹ thuật bê tông dùng trong mặt đường giao thông nông thôn

Lưu lượng xe thiết kế (Nn)	Kết cấu mặt đường nông thôn		Tính chất cơ học
	Lớp vật liệu	Chiều dày (cm)	
< 50	Bê tông xi măng	16, 18	Bê tông xi măng có cường độ nén trung bình từ 25 đến 30 MPa

Từ đó cho thấy, BTĐL với thành phần tro bay nhiệt điện Phả Lại, cát biển Cần Giờ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dùng làm lớp mặt đường giao thông nông thôn.

**4. Kết luận**

Từ các kết quả nghiên cứu trong phạm vi phòng thí nghiệm đã rút ra một số kết luận như sau:

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy, các mẫu cát biển Cần Giờ đã khảo sát khác có các tính chất vật lý như thành phần hạt, mô đun độ lớn, khối lượng riêng, khối lượng thể tích cơ bản đáp ứng các yêu cầu trong tiêu chuẩn TCVN 13754:2023 “Cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa”. Tuy nhiên, hàm lượng vôi sò và ion Clo trong cát biển Cần Giờ vượt qua mức quy định trong tiêu chuẩn này. Do đó, để sử dụng làm cốt liệu nhỏ cho các loại bê tông xi măng khác nhau, cát biển cần phải được xử lý để giảm hàm lượng ion Clo và giảm hàm lượng vôi sò. Thử nghiệm cho thấy, cát biển Cần Giờ qua rửa và sàng đơn giản có khả năng giảm lượng ion Clo và lượng vôi sò xuống mức thấp, đáp ứng được yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN

13754:2023 quy định cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa của Việt Nam.

Thành phần cấp phối bê tông đầm lăn được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI 211.3R với tỷ lệ cát biển trên cốt liệu theo thể tích dao động trong khoảng từ 0,41 đến 0,50 và tỷ lệ sử dụng tro bay trên xi măng theo thể tích là 0,3. Hỗn hợp bê tông sử dụng cát biển Cần Giờ có độ cứng thay đổi từ 22 giây lên 36 giây và cường độ nén ở tuổi 28 ngày thay đổi từ 24,4 MPa lên 28,7 MPa.

- Nghiên cứu cho thấy tỷ lệ CB/CL ảnh hưởng không lớn đến khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông đầm lăn, trong khi đó tỷ lệ CB/CL theo thể tích ảnh hưởng rõ rệt hơn đến độ cứng hỗn hợp bê tông, cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của mẫu bê tông đầm lăn ở các tuổi khác nhau. Khi tỷ lệ CB/CL dao động trong khoảng 0,41 ÷ 0,43 luôn đảm bảo về tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và cường độ kéo khi uốn, cường độ nén của mẫu tăng ở các tuổi thí nghiệm. Khoảng giá trị này có thể được sử dụng trong việc thiết kế thành phần bê tông đầm lăn sử dụng cát biển, cát nhiễm mặn ở

các khu vực biển Việt Nam. Nhưng khi tỷ lệ CB/CL tiếp tục tăng từ 0,44 đến 0,50 thì cường độ của mẫu ở các tuổi thí nghiệm đã giảm xuống;

- Bê tông đầm lăn sử dụng 30% tro bay nhiệt điện Phả Lại và tỷ lệ CB/CL từ 0,41 đến 0,50 có độ mài mòn dao động từ 0,232 g/cm<sup>2</sup> lên 0,344 g/cm<sup>2</sup>. Đặc biệt, khi tỷ lệ CB/CL từ 0,41 đến 0,43 thì độ mài mòn có xu hướng giảm nhẹ từ 0,241 g/cm<sup>2</sup> xuống 0,232 g/cm<sup>2</sup>.

Để củng cố thêm cơ sở cho việc sử dụng cát biển Cần Giờ trong chế tạo bê tông đầm lăn cho kết cấu mặt đường nông thôn nên tiếp tục nghiên cứu cơ chế tác động và ảnh hưởng của hàm lượng ion Clo và hàm lượng vôi tới độ bền lâu của kết cấu áo đường bằng bê tông đầm lăn dưới tác động của khí hậu cùng các môi trường xâm thực ở Việt Nam.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh (2015). *Sử dụng tro bay có lượng mất khi nung lớn trong chế tạo bê tông đầm lăn cho đường*. Tạp chí KHCN Xây dựng – số 02/2015, trang 30-36.
- [2] Nguyễn Thị Thu Nga (2016). *Nghiên cứu các thông số chủ yếu của bê tông đầm lăn trong tính toán kết cấu mặt đường ô tô và sân bay*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 124 trang.
- [3] Phạm Hữu Hanh (2009). *Bê tông đầm lăn*. Nhà Xuất bản Xây dựng, 204 trang
- [4] Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Ngọc Lâm, Nguyễn Văn Đồng, Nguyễn Thị Thắng, Vũ Phương Lê (2022). *Bê tông đầm lăn trong xây dựng các công trình giao thông*. Nhà xuất bản Xây dựng, 192 trang.
- [5] Nguyễn Quang Hiệp (2005). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ bê tông đầm lăn cho thi công đường & đập trọng lực*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật.
- [6] Nguyễn Quang Hiệp, Lê Quang Hùng (2003). *Phát triển công nghệ bê tông đầm lăn cho thi công mặt đường ở Việt Nam*, Hội thảo khoa học Quốc tế Xi măng và Công nghệ bê tông.
- [7] Nguyễn Thanh Sang, Vũ Đức Sỹ (2012). *Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học bê tông đầm lăn làm lớp móng mặt đường bê tông xi măng*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số (11+12), trang 64-67.
- [8] Nguyễn Thanh Sang, Trương Vân Quyết, Phạm Đình Huy Hoàng (2021). *Thiết kế thành phần và đặc tính kỹ thuật của bê tông đầm lăn hàm lượng tro bay cao làm lớp móng mặt đường ô tô*. Tạp chí Giao thông Vận tải, số 03, Tr. 72-75.
- [9] Luhr D.R. (2003). *Design and construction of roller-compacted concrete pavements for container terminals*, Ports Conference, Texas, United States.
- [10] Harrington D. et al. (2010). *Guide for roller compacted concrete pavements*, InTrans project reports, Institute for Transportation, United States.
- [11] Nguyễn Thanh Sang, Nguyễn Quang Phúc (2012). *Sử dụng bê tông xi măng tro bay để phát triển bền vững kết cấu mặt đường ô tô*, Tạp chí Giao thông Vận tải, số 8, trang 30-32.
- [12] Naik T.R., Ramme B.W. (1997). *Roller compacted no-fines concrete for roadbase course*, Third CANMET/ACI International Symposium on Advances in Concrete Technology, Detroit, MI.
- [13] Lê Việt Hùng, Phan Văn Quỳnh (2021). *Nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng cát biển làm cốt liệu cho bê tông*. Tạp chí Vật liệu & Xây dựng - số 01.2021. trang 18-24.
- [14] Viện Vật liệu xây dựng (2020). *Báo cáo Chiến lược phát triển ngành vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021-2030 và định hướng đến 2050*, Viện Vật liệu xây dựng, 8-2020. 85 trang.
- [15] Jianzhuang Xiao and et al. (2017). *Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities*, Construction and Building Materials 155 (2017) 1101-1111.
- [16] Tiêu chuẩn quốc gia (2023). TCVN 13754:2023. *Cát nhiễm mặn cho bê tông và vữa*. Hà Nội, 12 trang.
- [17] ACI 211.3R-02 (2002). *Guide for selecting Proportion for No-Slump Concrete*, ACI commuttee 211. 26 p.
- [18] Nguyễn Thanh Sang (2011). *Nghiên cứu sử dụng cát duyên hải miền Trung làm mặt đường bê tông xi măng cát trong xây dựng đường giao thông nông thôn*, Đề tài cấp Bộ GTVT, mã số DT104012.
- [19] Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh (2020). *Lý thuyết bê tông*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 210 trang.