

Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh để chế tạo bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm

Vũ Ngọc Trụ^{1,*}, Tăng Văn Lâm², Hồ Anh Cường³, Lại Ngọc Hùng⁴

¹ Bộ môn Đường ô tô và Đường đô thị, Khoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

² Trường Đại học Mỏ-Địa chất

³ Trường Đại học Giao thông Vận tải

⁴ Ban Quản Lý Cơ Sở Vật Chất – Đại học Thái Nguyên

TỪ KHOẢ

Tro bay
Xi đáy lò
Bê tông cường độ cao
Tính công tác
Cường độ nén

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về khả năng sử dụng các nguồn phế thải của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh để chế tạo bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm. Qua khảo sát tại nhà máy cho thấy, quá trình đốt rác phát điện của nhà máy đã thải ra môi trường 20-30 tấn tro xỉ mỗi ngày và lượng phế thải này rất cần được tái sử dụng để giảm áp lực về kho bãi lưu chứa. Trong nghiên cứu này đã thực hiện các thí nghiệm theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng sử dụng (0 ÷ 30) % các loại tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác để chế tạo bê tông cường độ cao. Hỗn hợp bê tông thu được có tính công tác tốt, độ sụt từ 15 cm đến 20 cm, cường độ nén ở tuổi 28 ngày dao động từ 50 MPa đến 60 MPa. Với quá trình phát triển các nhà máy đốt rác phát điện như hiện nay, việc nghiên cứu sử dụng các nguồn phế thải tro xỉ của các nhà máy điện đốt rác là cần thiết để góp phần thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn bền vững.

KEYWORDS

Fly ash
Bottom slag
High strength concrete
Workability
Compressive strength

ABSTRACT

This article presents the results of experimental research on the possibility of using waste resources from the Green Star waste incineration power plant to produce high-strength concrete in laboratory conditions. Through the survey process at the factory, it was shown that the factory's waste-burning process to generate electricity released 20-30 tons of ash-slag into the environment every day, and this volume of waste needed to be reused to reduce pressure for warehouses and storage facilities. In this study, experiments were performed according to current Vietnamese standards. Research results have shown the possibility of using (0 ÷ 30) % of fly ash and slag from the bottom of the furnace of a waste-burning power plant to make high-strength concrete. The resulting concrete mixture has good workability, slump ranges from 15cm to 20cm, compressive strength at 28 days ranges from 50 MPa to 60 MPa. With the current development of waste incineration plants to generate electricity, research into the use of ash and slag waste sources from waste incineration power plants is necessary to contribute to promoting a sustainable circular economy.

1. Phần mở đầu

Trong giai đoạn phát triển bùng nổ của cách mạng công nghiệp 4.0 như hiện nay, các thành phố lớn ở Việt Nam đang thải ra một lượng rác thải sinh hoạt rất lớn. Theo số liệu thống kê của Bộ Tài nguyên và Môi trường, lượng chất thải rắn sinh hoạt phát sinh trên cả nước là trên 60.000 tấn/ngày; trong đó khu vực đô thị chiếm 60 %. Đáng chú ý, tỷ lệ thu gom và xử lý chất thải rắn sinh hoạt vẫn chưa đạt 100 % [1, 2]. Theo dự báo của Bộ Tài nguyên và Môi trường, đến năm 2025 tỷ lệ phát sinh chất thải rắn sinh hoạt sẽ tăng từ 10 ÷ 16 %/năm. Về tỷ lệ xử

lý chất thải theo các phương pháp xử lý, hiện nay khoảng 71 % tổng lượng chất thải được xử lý bằng phương pháp chôn lấp (chưa tính lượng bãi thải từ các cơ sở chế biến phân compost và tro xỉ phát sinh từ các lò đốt) [2]. Ngoài ra, khoảng 16 % tổng lượng chất thải được xử lý tại các nhà máy chế biến phân compost và khoảng 13 % tổng lượng chất thải được xử lý bằng phương pháp đốt và các phương pháp khác [3]. Vấn đề xử lý rác luôn là một bài toán khó cả về môi trường và kinh tế đối với các nước đang phát triển như Việt Nam. Theo đó, xây dựng nhà máy điện rác sẽ là một giải pháp hiệu quả, góp phần giảm thiểu lượng rác thải chôn lấp, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và phát thải

*Liên hệ tác giả: trunv@huce.edu.vn

Nhận ngày 31/03/2024, sửa xong ngày 02/05/2024, chấp nhận đăng ngày 20/05/2024

Link DOI: 10.54772/jomc.03.2024.675

khí nhà kính. Theo Bộ Khoa học và Công nghệ, công nghệ đốt chất thải để tạo ra điện ngày càng được áp dụng rộng rãi do có một số ưu điểm nổi bật so với các công nghệ khác, như giảm được 90 ÷ 95 % thể tích và khối lượng chất thải; có thể tận dụng nhiệt; giảm phát thải khí nhà kính so với biện pháp chôn lấp; giảm thiểu ô nhiễm nước, mùi hôi... [3]. Nhà máy điện rác là một loại nhà máy sản xuất điện năng bằng cách đốt cháy rác thải, cũng được gọi là nhà máy xử lý rác thải. Quá trình này tạo ra nhiệt năng từ việc đốt cháy rác, sau đó sử dụng nhiệt năng này để tạo ra hơi nước làm quay tua bin và phát ra điện. Điện rác có thể giúp xử lý rác thải một cách hiệu quả và đồng thời tạo ra nguồn năng lượng tái tạo.

Hiện nay, Việt Nam đã có một số nhà máy điện rác vận hành hiệu quả như Dự án nhà máy điện rác Sóc Sơn (Hà Nội) với công suất 4.000 tấn rác/ngày, công suất phát điện 75 MW; Dự án nhà máy điện rác Vĩnh Tân (tỉnh Bình Thuận) với công suất 600 tấn rác/ngày, công suất phát điện 30 MW; Dự án nhà máy điện rác Phù Ninh (tỉnh Phú Thọ), với công suất 500 tấn rác/ngày, công suất phát điện 25 MW; Dự án nhà máy điện rác Cù Chi (TP. Hồ Chí Minh) với công suất mỗi nhà máy là 1.000 tấn rác/ngày, công suất phát điện 50 MW... [4].

Trong đó, Nhà máy điện rác Sóc Sơn (thuộc Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Nam Sơn-Hà Nội) hiện đang vận hành 3/5 lò đốt, xử lý được khoảng 3.000 tấn rác/ngày đêm. Theo lãnh đạo nhà máy, nếu được cấp phép hoạt động hết công suất 5/5 lò đốt sẽ xử lý được khoảng 4 ÷ 5 nghìn tấn rác/ngày đêm [5]. Hà Nội đã tập trung triển khai công nghệ hiện đại nhất để xử lý rác thải, dự kiến giai đoạn đến năm 2030, thành phố sẽ giải phóng mặt bằng để kêu gọi đầu tư các nhà máy xử lý chất thải rắn theo công nghệ hiện đại. Vừa qua tại Bắc Ninh, Nhà máy xử lý chất thải rắn sinh hoạt, chất thải công nghiệp phát điện (nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP) đã chính thức đi vào vận hành. Đây là nhà máy điện rác đầu tiên của tỉnh Bắc Ninh đi vào hoạt động. Nhà máy điện rác GCEP có chức năng xử lý chất thải công nghiệp và chất thải sinh hoạt với công suất 180 tấn rác/ngày đêm; công suất phát điện là 6,1MW [6]. Nhiều nước tiến tiến trên thế giới nhận định, việc xây dựng nhà máy điện rác là một giải pháp hiệu quả, góp phần giảm thiểu lượng rác thải chôn lấp, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và phát thải khí nhà kính [4, 7].

Tuy nhiên, nhà máy điện rác hiện đang thải ra môi trường một lượng lớn các loại tro-xi, sản phẩm phụ của quá trình đốt rác sinh hoạt.

Theo Báo cáo của Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý (TP. Hà Nội), đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Sóc Sơn thì khối lượng chất thải rắn (tro-xi) phát sinh tại nhà máy hàng năm khoảng 260.000 tấn/năm. Bên cạnh đó, Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh), lượng chất thải rắn hàng ngày đã thải ra môi trường khoảng 20-30 tấn/ngày [7]. Do đó, vấn đề tái sử dụng triệt để các chất thải rắn phát thải từ các nhà máy điện rác, giảm ảnh hưởng đến môi trường thứ cấp là một vấn đề cần thiết và thời sự hiện nay.

Trong những năm gần đây, bê tông cường độ cao với thành phần sử dụng tro bay nhiệt điện và xỉ luyện kim... ngày càng được sử dụng phổ biến và đa dạng hơn, từ kết cấu chịu lực đến vật liệu hoàn thiện bề mặt trong nhà cao tầng [8, 9], công trình thủy, công trình cơ sở hạ tầng và giao thông trên biển và nhiều công trình đặc biệt khác [10, 11]. Trong năm 2021, bê tông chất lượng siêu cao với thành phần gồm tro bay, silicafume và sợi thép phân tán đã được sử dụng trong lớp kết cấu chịu lực chính của bản mặt cầu Thăng Long tại Hà Nội (Việt Nam) [12]. Tuy nhiên, những nghiên cứu trước đây hầu như chưa tập trung vào nghiên cứu sử dụng các thành phần tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác phát điện để chế tạo các chủng loại bê tông cường độ cao.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về khả năng sử dụng các nguồn phế thải của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh để chế tạo bê tông cường độ cao trong điều kiện phòng thí nghiệm. Mục đích của nghiên cứu là sử dụng (0 ÷ 30) % hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác để chế tạo bê tông cường độ cao có tính công tác tốt, độ sụt từ 15 ÷ 20 cm và cường độ nén của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày dao động từ 50 ÷ 60 MPa.

2. Nguyên vật liệu sử dụng và tiêu chuẩn áp dụng

2.1. Nguyên vật liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này sử dụng các loại vật liệu như sau:

- a) Xi măng Portland hỗn hợp (X) PCB40 Bút Sơn thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682:2009 (Hình 1a).
- b) Cốt liệu nhỏ là cát vàng sông Lô (C), cát tự nhiên, chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 (Hình 1b). Các tính chất vật lý của cốt liệu nhỏ sử dụng đã được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất vật lý của cát vàng sông Lô.

Stt	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm
1	Kích thước hạt của cát	mm	0,14 ÷ 5,0	TCVN 7572-2:2006
2	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,65	TCVN 7572-4:2006
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	kg/m ³	1650	TCVN 7572-4:2006
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1550	TCVN 7572-6:2006
5	Độ hồng ở trạng thái khô	%	37,7	TCVN 7572-6:2006

6	Độ ẩm	%	3,5	TCVN 7572-7:2006
7	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,9	TCVN 7572-8:2006
8	Mô đun độ lớn của cát (M_{dl})	-	3,0	TCVN 7572-2:2006
9	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	-	Đạt yêu cầu	TCVN 7572-9:2006

c) Cốt liệu lớn là đá dăm nghiền từ đá vôi (Đ) với kích thước hạt từ 5 mm đến 10 mm (Hình 1c). Đá dăm với $D_{max} = 10$ mm, có chất lượng tốt, khối lượng riêng 2,65 g/cm³, khối lượng thể tích trung bình

ở trạng thái đầm chặt 1540 kg/m³, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.



(a) Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Bút Sơn



(b) Cát vàng sông Lô



(c) Đá dăm 5-10 mm

Hình 1. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

d) Tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh.

Đây là sản phẩm phụ của quá trình đốt các loại rác thải nguy hại trong thiết bị lò quay. Các loại rác thải sau khi đốt, nhiệt lượng được đưa đến thiết bị nồi hơi để quay tua bin phát điện. Theo thống kê của nhà máy, sau khi rác thải qua lò đốt, thì còn khoảng 20 % lượng tro xỉ thải ra môi trường [6, 7]. Lượng phế thải này rất cần phải xử lý, tái sử dụng để mục đích tạo ra nền kinh tế tuần hoàn bền vững.

Tro bay (TB) nhà máy Ngôi Sao Xanh được thu trực tiếp từ ống khói của nhà máy thông qua hệ thống lọc bụi tay áo của nhà máy. Đây là loại tro bay chưa qua xử lý, độ mịn tương đương như tro bay nhiệt điện [13]. Nhưng do nguyên liệu đốt tại các nhà máy đốt rác nhiều thành phần rất khác nhau và nhiệt độ đốt rác tại các lò quay chỉ khoảng 1150°C. Vì vậy, chất lượng của tro bay nhà máy điện đốt không có hoạt tính như các loại tro bay nhiệt điện khác (Hình 2a).



(a) Tro bay



(b) Xỉ đáy lò

Hình 2. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu: (a) Tro bay; (b) Xỉ đáy lò.

Xỉ đáy lò (Xi) của nhà máy đốt rác phát điện Ngôi Sao Xanh thu được từ băng tải của nhà máy. Do thành phần hỗn tạp của nhiên liệu

đốt nên xỉ đáy lò còn lẫn nhiều thành phần khó cháy, đặc biệt là các miếng kim loại. Loại xỉ này chưa qua khâu nghiền mịn nên xỉ thải có

dạng hạt, xốp và kích thước không đều (Hình 2b). Sau khi kiểm tra thành phần kim loại trong mẫu xỉ thì thu được phần trăm các loại kim loại nói chung đạt khoảng 17,5 %.

Tính chất cơ lý và thành phần hóa học của tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh được trình bày trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của tro bay và xỉ đáy lò.

STT	Các chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả		Phương pháp thử
			Tro bay	Xỉ đáy lò	
1	Độ ẩm tự nhiên	%	0,5	4,5	TCVN 10302:2014
2	Khối lượng thể tích đầm chặt	kg/m ³	1570	1485	TCVN 6882:2016
3	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,35	2,95	TCVN 4030:2003
4	Chỉ số hoạt tính:				
	7 ngày	%	84,4	68,4	TCVN 10302:2014
	28 ngày	%	92,5	79,8	

Bảng 3. Thành phần hóa học (% theo khối lượng) của tro bay và xỉ đáy lò.

Vật liệu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Thành phần khác	Mất khi nung
Tro bay	54,2	23	8,5	2,5	2,1	1,5	0,6	3,7	4,5
Xỉ đáy lò	28,3	11,5	16,4	3,7	2,4	30,1	2,1	3,4	4,2

e) Phụ gia siêu dẻo (SD) loại SR 5000F của nhà sản xuất “SilkRoad” với khối lượng riêng 1,1 g/cm³ ở nhiệt độ 20 ± 5°C, được sử dụng để giảm tỷ lệ nước/xi măng, nhưng vẫn giữ được tính công tác tốt của hỗn hợp bê tông và tăng cường độ của bê tông nghiên cứu. Phụ gia siêu dẻo SR 5000F thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011. Các thông số kỹ thuật của phụ gia siêu dẻo SR 5000F:

- + Trạng thái và màu sắc: Là chất lỏng có màu vàng đậm;
- + Tỷ trọng 1,12 g/cm³ ở nhiệt độ 25 ± 5°C;
- + pH = 06 ở nhiệt độ 25 ± 5°C.

f) Silicafume SF-90VN (90VN) là sản phẩm của Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam. Đây là phụ gia khoáng có chứa ôxít Silic đioxit (SiO₂) siêu mịn hoạt tính cao, khi đưa vào bê tông SF-90VN sẽ liên kết với Ca(OH)₂ làm tăng độ đặc chắc, tăng cường độ và cải thiện vi cấu trúc của bê tông [14, 15]. Sản phẩm cơ bản đáp ứng theo tiêu chuẩn ASTM C1240 – “Yêu cầu kỹ thuật về sử dụng silica fume làm phụ gia khoáng cho bê tông và vữa”.

g) Nước sạch (N) được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm sau khi tạo hình, thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối bê tông

Mục tiêu thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông gồm có:

+ Hỗn hợp bê tông thiết kế có độ sụt dao động từ 15 cm đến 20 cm được xác định trên bộ côn hình nón cắt tiêu chuẩn với kích thước 10x20x30cm.

+ Cường độ nén trung bình yêu cầu của mẫu bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt rác ở tuổi 28 ngày đạt từ 50 MPa đến 60 MPa được xác trên mẫu hình lập phương kích thước 100x100x100 mm theo yêu cầu của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:2022.

+ Hệ số an toàn K = 1,15 được sử dụng khi xác định cường độ nén yêu cầu trong quá trình tính toán [16].

Để đánh giá khả năng sử dụng hỗn hợp tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác phát điện Ngôi Sao Xanh (Greenstar – Bắc Ninh) trong chế tạo bê tông cường độ cao, nghiên cứu này đã khảo sát hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò dao động lần lượt từ 0 %; 10 %; 20 % đến 30 % so với hàm lượng xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Bút Sơn.

Mặt khác, để điều chỉnh tính công tác của hỗn hợp bê tông, nghiên cứu này đã sử dụng phụ gia siêu dẻo SR5000F với hàm lượng

là 1,5 % hàm lượng xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Bút Sơn.

Quá trình tính toán thiết kế thành phần cấp phối của bê tông sử dụng hỗn hợp tro bay và xỉ đáy lò theo trình tự trong yêu cầu theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998 “Chỉ dẫn kỹ thuật

chọn thành phần bê tông các loại” [16].

Dựa vào hàm lượng của tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác phát điện dao động từ 0 %; 10 %; 20 % đến 30 %, nghiên cứu đã tính toán và thu được 04 cấp phối hỗn hợp bê tông, trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Cấp phối vật liệu cho 1 m³ hỗn hợp bê tông sử dụng tro bay và xỉ đáy lò của nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh.

Stt	Các tỷ lệ, (%)		Thành phần cấp phối cho 1 m ³ bê tông (kg)							
	TB	Xi	X	90VN	BT	Xi	C	Đ	N	SD
BT-01	30	0	500	50	150	0	550	1020	190	75
BT-02	20	10	500	50	100	50	550	1020	190	75
BT-03	10	20	500	50	50	100	550	1020	190	75
BT-04	0	30	500	50	0	150	550	1020	190	75

Độ sụt và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được xác định ngay sau khi nhào trộn xong hỗn hợp vật liệu. Giá trị khối lượng thể tích khô và độ hút nước theo khối lượng được xác định tại tuổi mẫu 28 ngày. Cường độ nén của bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt rác Ngôi Sao Xanh được xác định cường độ chịu nén ở các tuổi 3, 7, 14 và 28 ngày, mỗi tuổi mẫu gồm 06 tổ mẫu, mỗi tổ mẫu gồm 03 viên mẫu hình lập phương cạnh 100x100x100 mm [17]. Các mẫu sau khi tạo hình, được bảo dưỡng 1 ngày trong khuôn, sau đó mẫu được tháo khuôn và được đưa đi ngâm trong bể nước để bảo dưỡng đến tuổi thí nghiệm.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Nghiên cứu đã sử dụng các tiêu chuẩn thí nghiệm như sau:

- Lấy mẫu, chế tạo hỗn hợp bê tông và bảo quản mẫu thử sau khi tạo hình được thực hiện theo yêu cầu của TCVN 3105:2022.
- Độ sụt của hỗn hợp bê tông được xác định trên bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3106:2022 (Hình 3 và Hình 4).



Hình 3. Bộ côn hình nón cụt tiêu chuẩn kích thước 10x20x30cm



Hình 4. Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông

- Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông thí nghiệm sau khi nhào trộn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3108:2022;
- Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày sau khi nhào trộn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3115:2022 (Hình 5);



Hình 5. Xác định khối lượng và kích thước của mẫu bê tông thí nghiệm.



- Độ hút nước theo khối lượng ở tuổi 28 ngày theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3115: 1993;
- Độ hút nước theo khối lượng của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3113:2022;
- Cường độ nén của mẫu bê tông sử dụng tro xỉ nhà máy điện đốt

rác ở các tuổi 3 ngày; 7 ngày; 14 ngày và 28 ngày được xác theo trình tự của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:2022.

Trong giới hạn của điều kiện thí nghiệm tại Trường Đại học Mở-Địa chất, cường độ nén của mẫu bê tông đã xác trên mẫu hình lập phương kích thước 100x100x100 mm (Hình 6).



Hình 6. Mẫu bê tông thí nghiệm hình lập phương kích thước 10x10x10cm



Hình 7. Hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9

- Cường độ nén của mẫu ở các tuổi khác nhau được xác định trên hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9 (Italia) với tốc độ gia tải 1000 N/s (Hình 7).

- Độ lệch chuẩn “s” của các kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu được xác định theo công thức số (1):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Trong đó: \bar{X} là giá trị trung bình số học của các kết quả thí

nghiệm;

X_i là giá trị của từng kết quả thí nghiệm;

n là số tổ mẫu, trong nghiên cứu này số tổ mẫu thí nghiệm n = 06 tổ, mỗi tổ mẫu gồm 03 viên mẫu theo yêu cầu của TCVN 3118:2022 [17].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu

Kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này đã được trình bày chi tiết trên Bảng 5.

Bảng 5. Tính chất cơ lý của bê tông sau khi rắn chắc

STT	Tính chất	Các mẫu bê tông thí nghiệm							
		BT-01		BT-02		BT-03		BT-04	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)	18,5	1,5	16,8	1,8	15,2	1,2	12,7	1,3
2	Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn (kg/m ³)	2307	3,5	2347	3,8	2400	3,0	2412	3,4
3	Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m ³)	2255	3,5	2306	3,6	2365	3,0	2383	2,5
4	Độ hút nước theo khối lượng ở tuổi 28 ngày (%)	6,15	0,7	7,27	0,9	8,00	0,9	8,47	1,0
5	Cường độ nén trung bình (MPa) tại các tuổi:								
	3 ngày	23,4	2,2	24,7	1,6	22,6	2,0	21,5	2,1
	7 ngày	40,7	2,3	43,6	2,0	39,1	1,8	37,4	2,5
	14 ngày	46,3	2,3	49,1	2,0	44,8	1,9	42,7	2,0
	28 ngày	56,5	2,1	61,2	2,3	54,5	2,4	50,7	2,4

3.2. Thảo luận

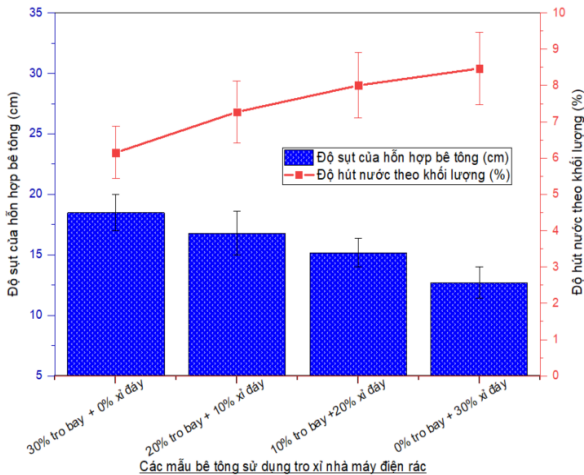
3.2.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông

Hỗn hợp bê tông sau khi tạo hình có độ dẻo cao, tính công tác tốt, điều này được giải thích là do hỗn hợp bê tông đã sử dụng 1,5 % phụ gia siêu dẻo SR 5000F.

Khi hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò thay đổi thì tính chất của hỗn hợp bê tông thay đổi đáng kể, điều này được giải thích là do nguyên nhân xỉ đáy lò có độ xốp lớn, và thành phần hạt không đều, đặc biệt là xỉ đáy lò còn lẫn nhiều thành phần kim loại sau khi đốt rác đã ảnh hưởng lớn đến tính chất của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn và sau khi rắn chắc [4, 18].

Bên cạnh đó, khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm mạnh, cụ thể là độ sụt của hỗn hợp bê tông đã giảm từ 18,5 cm xuống còn 12,7 cm. Nguyên nhân chính do xỉ đáy lò rỗng xốp, độ hút nước và cần nước lớn, do đó lượng nước dư thừa để tạo ra độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm (Hình 8).

Hơn nữa, thành phần kim loại, đặc biệt là thành phần tạp chất sắt có trong xỉ đáy lò là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng tăng giá trị khối lượng thể tích của sản phẩm sau khi tạo hình.



Hình 8. Ảnh hưởng của hàm lượng tro xỉ đến độ sụt của hỗn hợp bê tông và độ hút nước của mẫu bê tông.

3.2.2. Tính chất của mẫu bê tông sau khi rắn chắc

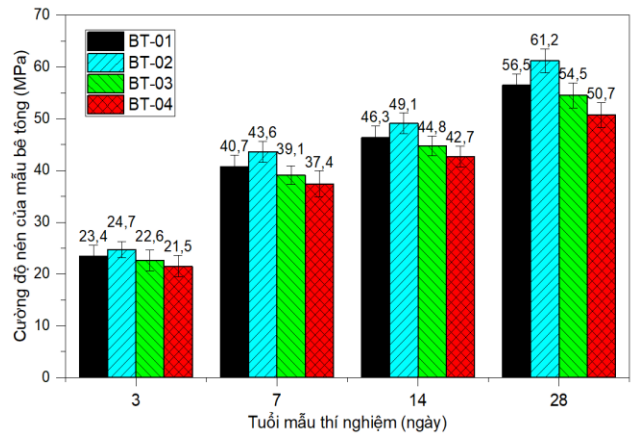
Giá trị khối lượng thể tích trung bình của bê tông dùng tro xỉ của nhà máy điện rác ở tuổi 28 ngày khoảng 2327 kg/m³. Giá trị này tương đương với khối lượng thể tích của bê tông xi măng thông thường hiện nay. Tuy nhiên, theo chiều tăng của hàm lượng xỉ đáy lò, giá trị khối lượng thể tích của mẫu bê tông có tăng từ 2255 kg/m³ lên 2383 kg/m³.

Về độ hút nước, các mẫu bê tông sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác có độ hút nước tăng dần theo mức độ sử dụng xỉ đáy lò. Việc này được giải thích do xỉ đáy lò có độ rỗng xốp lớn, đó là nguyên nhân dẫn đến tăng độ rỗng trong bê tông và kết quả là tăng độ hút nước ở tuổi 28 ngày của sản phẩm (Hình 8).

Cường độ chịu nén, từ giá trị thực nghiệm trong Bảng 5 cho thấy, giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày của bê tông sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác đều đạt trên 50 MPa, đạt cường độ yêu cầu đề ra. Tuy nhiên, theo hàm lượng của tro bay và xỉ đáy lò thì cường độ nén của bê tông có sự khác biệt khá lớn. Cấp phối bê tông sử dụng 20 % tro bay và 10 % xỉ đáy lò có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất với giá trị là 61,2MPa. Điều này có thể được giải thích thành phần hoạt tính SiO₂ và phản ứng thủy lực của xỉ đáy lò đóng một vai trò quan trọng để mẫu bê tông chứa 20 % tro bay và 10 % xỉ đáy lò thu được giá trị cường độ nén cao nhất. Mặt khác, thành phần phụ gia khoáng hoạt tính là silica fume SF-90VN kết hợp với 1,5 % phụ gia siêu dẻo SR 5000F cũng là một nguyên nhân tăng cường độ nén của mẫu BT-02 ở tuổi 28 ngày. Kết quả này tương tự với nhiều nghiên cứu về bê tông cường độ cao đã công bố trước đây [19, 20].

Sau đó, khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng lên đến 20 % và 30 % thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm. Điều này cho thấy rõ thành phần hạt không đồng đều, nhiều hạt dẹt, đặc tính độ rỗng xốp lớn xỉ đáy lò của nhà máy điện rác là nguyên nhân giảm cường độ của mẫu bê tông thí nghiệm từ 61,2 MPa xuống còn 50,7 MPa.

Sự ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò đến cường độ nén của mẫu bê tông thí nghiệm ở các tuổi mẫu khác nhau được thể hiện trực quan trên Hình 9.



Hình 9. Cường độ nén của các mẫu bê tông thí nghiệm theo thời gian bảo dưỡng.

Mặc dù hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò thay đổi khác nhau từ 0n % đến 30n % nhưng tốc độ phát triển cường độ nén theo thời gian của các mẫu BT-01; BT-02; BT-03 và BT-04 thay đổi không đáng kể. Giá trị cường độ nén trung bình ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đã đạt được trên 40 %; 70 % và 80 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Tính chất này tương tự như các loại bê tông xi măng sử dụng phụ gia khoáng mịn thông thường [21]. Nhưng với mẫu M-04 sử dụng 30 % xỉ đáy lò và 1,5 % phụ gia siêu dẻo đã có tốc độ rắn chắc nhanh nhất, giá trị cường độ nén trung bình ở tuổi 14 ngày đã đạt được khoảng 84 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Điều này được biện giải là khi sử dụng 30 % xỉ đáy lò với độ rỗng xốp lớn, đã

hút nước nhào trộn, giảm tính công tác do đó mẩu nhanh khô và làm cấu trúc lớp vữa xi măng-cát đồng kết và rắn chắc nhanh hơn, kết quả là tốc độ phát triển cường độ của mẫu bê tông được cải thiện so với các mẫu thí nghiệm còn lại.

Với những kết quả bước đầu thu được trong nghiên cứu này có thể thấy rằng, việc sử dụng các loại tro xỉ của nhà máy điện rác thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông và vữa xây dựng là một trong những giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý bền vững tài nguyên, thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam hiện nay.

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng tro xỉ của nhà máy điện rác để chế tạo bê tông cường độ cao đã thu được một số kết luận như sau:

- Thành phần cấp phối bê tông sử dụng tro-xỉ của nhà máy điện rác được tính toán dựa trên “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998. Hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn có tính công tác tốt, độ sụt từ 12,7cm đến 18,5cm. Mẫu bê tông sử dụng 30 % tổng hàm lượng tro xỉ, sau khi rắn chắc ở tuổi 28 ngày đều có cường độ nén trung bình đạt trên 50 MPa, thỏa mãn yêu cầu thiết kế ban đầu.

- Khi hàm lượng xi đáy lò tăng lên từ 0 % đến 30 % thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm mạnh, cụ thể là độ sụt của hỗn hợp bê tông đã giảm từ 18,5 cm xuống còn 12,7 cm.

- Thành phần tạp chất sắt có trong xi đáy lò là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng tăng giá trị khối lượng thể tích của bê tông từ 2255 kg/m³ lên đến 2383 kg/m³ trong nghiên cứu này.

- Do xi đáy lò có độ rỗng xốp lớp, thành phần hạt không đồng đều, nhiều hạt dẹt, đó là nguyên nhân dẫn đến tăng độ rỗng trong mẫu bê tông và kết quả là tăng độ hút nước của bê tông từ 6,15 % lên 8,47 % ở tuổi 28 ngày.

- Cấp phối bê tông sử dụng 20 % tro bay kết hợp 10 % xi đáy lò có cường độ nén ở tuổi 28 ngày cao nhất là 61,2MPa. Khi hàm lượng xi đáy lò tăng lên đến 20 % và 30 % thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm.

- Giá trị cường độ nén trung bình ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày và 14 ngày đều đã đạt được trên 40 %; 70 % và 80 % so với cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày.

4.2. Kiến nghị

Cần tiếp tục nghiên cứu về thành phần pha, cấu trúc vi mô, khả năng ăn mòn, lực liên kết với cốt thép... của sản phẩm bê tông sử dụng phế thải nhà máy đốt rác phát điện để kiểm chứng, làm rõ mức độ ảnh hưởng của tính chất tro bay, xi đáy lò, nhiệt độ của lò đốt, điều kiện chế tạo mẫu, chế độ bảo dưỡng đến các đặc tính cơ lý của bê tông cường độ cao. Việc sử dụng các loại phế thải nhà máy điện đốt rác là

giải pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý nền kinh tế tuần hoàn bền vững ở Việt Nam hiện nay.

5. Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài Nghiên cứu khoa học sinh viên tiềm năng năm 2024, mã số đề tài TN2024-02. Tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Bộ môn Xây dựng công trình ngầm và mỏ - Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mô-Địa chất đã tham gia giúp đỡ thực hiện các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Quốc hội Việt Nam, (2023). <https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=82916>
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2023). <https://monre.gov.vn/Pages/tinh-hinh-phat-sinh-chat-thai-ran-thong-thuong.aspx>
- [3]. Bộ Khoa học và Công nghệ, (2024). <https://www.most.gov.vn/vn/tintuc/20559/cong-nghe-dot-chat-thai-phat-dien-tren-the-gioi-va-tai-vietnam.aspx>
- [4]. Lê Văn Tuấn, Nguyễn Quốc Toàn, (2021). *Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhà máy điện đốt rác than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam*. Tạp chí Xây dựng, số 10/2021. Trang 176-182.
- [5]. Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý, (2023). *Báo cáo tổng kết sản xuất của Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý (Hà Nội)*, đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Sóc Sơn năm 2023.
- [6]. Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, (2023). *Báo cáo sản xuất của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh)*, đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh (Greenstar) năm 2023.
- [7]. Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, (2024). *Thư ngỏ đề nghị nghiên cứu xử lý và tái sử dụng các phế thải của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh)* ngày 26/01/2024.
- [8]. Баженов Ю.М., (2011). *Технология бетона*. М.: Изд. АСВ., 2011, 528 с.
- [9]. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И., (2006). *Модифицированные высококачественные бетоны*. М.: Изд. АСВ. 2006, 370 с.
- [10]. Nguyễn Văn Tuấn, Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Công Thắng, Lê Trung Thành, Văn Viết Thiên Ân, Hoàng Tuấn Nghĩa, (2018). *Bê tông chất lượng siêu cao*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 300 Tr.
- [11]. Eiffage and Vinci companies, (2004). *Ultra high performance Fiber Reinforced concretes, Presentation by Serge Montens, using documents from Bouygues-VSL*, Eiffage and Vinci companies. 2004. 12 p.
- [12]. Trần Bá Việt, (2022). *Công nghệ bê tông siêu tính năng (UHPC) – Hiệu quả cao cho xây dựng*. Hội thảo khoa học, Bộ Công an, tháng 08/2022. 25 trang.
- [13]. Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diễm, (2020). *Khả năng sử dụng xỉ thải của công nghiệp luyện kim trong sản xuất vật liệu xây dựng*. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Bộ công thương, số 43, tháng 10 năm 2020.
- [14]. T.V. Lam, B. Bulgakov, Y. Bazhenov, O. Aleksandrova, P.N. Anh, (2018). *Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 365 (2018), doi:10.1088/1757-899X/365/3/032007
- [15]. Công ty TNHH Hoá phẩm xây dựng Buildmix Việt Nam, (2023). *Tính chất kỹ thuật của phụ gia khoáng mịn Silicafume SF-90VN*, tháng 10/2023.

- [16]. Bộ xây dựng, (1998). *Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại*. Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998, 60 trang.
- [17]. Bộ xây dựng (2023). *TCVN 3118:2022 Bê tông – Phương pháp xác định cường độ chịu nén*, 13 trang.
- [18]. Lê Hùng Anh, Cao Văn Chơn, (2012). *Nghiên cứu tái chế tro- xi từ lò đốt làm bê tông nặng*. Hội nghị khoa học trẻ lần 4. Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh. Năm 2022.
- [19]. Ngô Văn Toàn, (2012). *Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu cấp phối gián đoạn với cát mịn*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số 3/2012.
- [20]. Lâm N.T., Kiên T.T., Đại B.D., (2021). *Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh*. Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDHN, 15(6V), Trang 1-11.
- [21]. Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh, (2020). *Lý thuyết bê tông*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 Tr.