

Nghiên cứu tận dụng xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt làm cốt liệu nhỏ trong bê tông

Nguyễn Văn Tuyền^{1*}, Nguyễn Đình Giang Nam¹, Hoàng Vĩ Minh², Lê Văn Toàn³, Trần Quốc Vinh⁴

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ

²Trường Bách Khoa - Trường Đại học Cần Thơ

³Công ty TNHH công nghệ môi trường Toàn Việt

⁴Học viên cao học - Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ

TỪ KHOÁ

Vữa bê tông
Cốt liệu nhỏ
Xỉ đáy lò đốt rác sinh hoạt

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá khả năng tận dụng xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt làm cốt liệu nhỏ thay thế cát để chế tạo bê tông ứng dụng trong thực tế. Trong nghiên cứu này, xỉ đáy lò được sử dụng để thay thế cát tự nhiên trong cấp phối gạch ở các tỷ lệ 0%, 10%, 20%, 30%, (theo khối lượng). Đồng thời, ảnh hưởng của các hàm lượng xỉ đáy lò khác nhau đến các tính chất kỹ thuật của bê tông như cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, độ hút nước và độ co khô cũng được đánh giá theo chỉ dẫn của các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng của xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt có giá trị dưới ngưỡng quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNMT. Như vậy, xỉ đáy lò có thể an toàn sử dụng như cốt liệu thay cát tự nhiên để chế tạo bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy với hàm lượng xỉ đáy lò thay thế cát tự nhiên 30% theo khối lượng đáp ứng một số yêu cầu chính theo các TCVN hiện hành và đạt chuẩn Bê tông M20, có thể ứng dụng thực tế vào lĩnh vực xây dựng. Tuy nhiên, để có thể ứng dụng rộng rãi trong thực tế, cần nghiên cứu sâu hơn ảnh hưởng của xỉ đáy lò khi thay thế cốt liệu cát đến các tính chất của bê tông khi hàm lượng thay thế cát lớn hơn 30%.

KEYWORDS

Concrete mortar
Fine aggregate
Bottom ash from waste incineration

ABSTRACT

This study aims to evaluate the feasibility of using bottom ash from a waste incinerator plant as fine aggregate to replace natural sand for the production of concrete in practical applications. In this study, bottom ash to sand ratios (BA/S) were 0%, 10%, 20% and 30% by weight. The effects of different bottom ash contents on the technical properties of concrete mortar, such as compressive strength, flexural strength, water absorption, and drying shrinkage, were evaluated according to the instructions of the current Vietnamese standards. These results prove that heavy metal indicators in the source of bottom ash from the municipal solid waste incineration plant showed that the values were below the threshold levels specified in QCVN 07:2009/BTNMT. Therefore, the bottom ash can be considered safe for use as a fine aggregate to replace natural sand in concrete production. The results indicated that replacing 30% of natural sand with bottom ash by weight meets the requirement of current Vietnamese standards and M20 concrete standard, which can be practically used in the construction field. Further studies on the influence of bottom ash when replacing sand aggregate on the properties of concrete when the natural sand replacement content is greater than 30% are needed.

1. Mở đầu

Hiện nay, công tác xử lý chất thải rắn ở Việt Nam đang gặp nhiều khó khăn do phương pháp xử lý chủ yếu vẫn là chôn lấp, chiếm hơn 70 % [1]. Việc chôn lấp rác cũng còn nhiều bất cập: Đối với bãi chôn lấp cũ không có lớp lót đáy, không có hệ thống thu gom và xử lý khí thải và nước thải nên tác động bất lợi đến môi trường và sức khỏe cộng đồng. Đối với công nghệ chôn lấp hợp vệ sinh, có thu gom và xử lý nước rác và khí bãi rác thì chi phí đầu tư lớn, chi phí vận hành cao [2].

Phương pháp chôn lấp không những gây lãng phí tài nguyên đất mà còn gây ảnh hưởng xấu đến môi trường đất, nước, không khí và sức khỏe con người [3]. Chuyển dịch từ phương pháp xử lý bằng chôn lấp sang phương pháp đốt đang là xu hướng ở các nước trên Thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng, lợi ích của xử lý rác bằng công nghệ đốt: giảm thể tích rác chôn lấp; thu hồi năng lượng để sản xuất điện; giảm phát sinh nước rác và khí bãi rác. Tuy nhiên, có một số bất lợi của việc đốt rác: chi phí đầu tư và bảo trì lớn; đòi hỏi rác có nhiệt trị cao, gây tác động thứ cấp đến môi trường do khí thải và xỉ đáy lò sau đốt [4].

*Liên hệ tác giả: nvtuyen@ctu.edu.vn

Nhận ngày 22/09/2025, sửa xong ngày 20/10/2025, chấp nhận đăng ngày 21/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1092>

Quá trình sau đốt đã phát sinh lượng chất thải rắn là xỉ đáy lò với tỷ lệ dao động cao khoảng 15 – 20 % với thành phần của xỉ đáy lò trong các lò đốt chất thải sinh hoạt thường có như Fe_2O_3 , CaO , MgO và một số kim loại nặng nên được xem là một vấn đề cần phải được xử lý sau quá trình đốt [5].

Ở một số nước, các nhà nghiên cứu cũng đã sử dụng tro bay để thay thế một phần cốt liệu nhỏ trong bê tông. Rajamane và Ambily [6] đã sử dụng tro bay thay thế cát trong bê tông. Cát có thể được thay thế lên tới 60 % bởi tro bay mà không ảnh hưởng nhiều tới tính công tác và cường độ yêu cầu của bê tông. Việc sử dụng tro bay thay thế cát trong bê tông vừa thân thiện với môi trường và kinh tế. Siddique [7] đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá tính chất cơ học của bê tông trong đó cốt liệu mịn (cát) được thay thế một phần bằng tro bay. Cốt liệu mịn được thay thế bằng phần trăm (10 %, 20 %, 30 %, 40 % và 50 %) tro bay tính theo khối lượng. Kết quả thử nghiệm cho thấy sự cải thiện về cường độ nén của bê tông tro bay khi thay thế cốt liệu mịn từ 10 % đến 50 % bằng tro bay so với bê tông đối chứng ở mọi lứa tuổi. Cường độ nén của bê tông cũng tăng khi tỷ lệ tro bay tăng. Các thử nghiệm về cường độ uốn và mô đun đàn hồi cũng cho thấy kết quả cải thiện so với bê tông đối chứng. Việc thay thế cốt liệu mịn bằng tro bay làm giảm độ sụt, do đó cần bổ sung thêm lượng chất siêu dẻo vào bê tông. Jones và cộng sự [8] đã thực hiện một nghiên cứu trong phòng thí nghiệm về tro bay có hàm lượng vôi thấp chưa qua xử lý trong bê tông để thay thế cho cát. Kết quả cho thấy cường độ của bê tông tro bay cao gấp 3 lần so với bê tông sử dụng cát tự nhiên. Ngoài ra, tác giả Bawab và cộng sự [9] đã nghiên cứu xỉ đáy lò của lò đốt chất thải rắn sinh hoạt để làm cốt liệu trong vật liệu kết dính. Kết quả cho thấy, khi so sánh với vật liệu tự nhiên (cát, sỏi) thì vật liệu từ xỉ đáy lò có tỷ trọng thấp hơn và độ hút nước cao hơn, do trong xỉ đáy lò thường chứa một lượng kim loại nặng, sunfate và clorua. Những yếu tố này đã gây cản trở khi sản xuất vật liệu kết dính. Ngoài ra, các yếu tố kể trên còn làm giảm độ bền nén, kéo và uốn của vật liệu, cần nghiên cứu thêm về độ bền cũng như các ứng dụng khác của xỉ đáy lò trong sản xuất vật liệu kết dính.

Trong khi đó, ở Việt Nam, nhiều nghiên cứu sử dụng xỉ đáy lò như cốt liệu mịn thay thế một phần cát tự nhiên vừa giải quyết được bài toán thiếu cát tự nhiên và cũng giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường do xỉ đáy lò gây ra. Cao Tiến Phú và Trương Đức Tiếp [10] đã nghiên cứu một số tính chất của tro xỉ đốt chất thải rắn sinh hoạt ở Việt Nam và tiềm năng sử dụng làm vật liệu xây dựng, kết quả của nghiên cứu cho thấy xỉ đáy lò có thể thay thế đến 30 % cốt liệu tự nhiên (cát) trong sản xuất gạch bê tông. Huỳnh Trọng Phước và cộng sự [11] đã nghiên cứu chế tạo gạch bê tông tự chèn cho công trình bảo vệ bờ sử dụng phế thải tro-xỉ từ lò đốt rác. Trong nghiên cứu này, xỉ đáy được sử dụng để thay thế cát nghiền trong cấp phối gạch ở các tỷ lệ 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % và 100 % (theo thể tích). Việc sử dụng xỉ đáy thay thế cát nghiền làm giảm cường độ chịu nén và chịu uốn của gạch trong khi độ hút nước và độ mài mòn bề mặt của gạch tăng lên khi tăng tỷ lệ thay thế cát nghiền bằng xỉ đáy lò, các mẫu gạch bê tông tự chèn được chế tạo trong nghiên cứu này có các tính chất kỹ thuật thỏa mãn

yêu cầu của TCVN 6476:1999. Đoàn Công Chánh và cộng sự [12] cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế một phần xỉ măng đến các tính chất của bê tông cường độ cao. Cát được thay thế bởi 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, và 50 % theo thể tích bằng tro bay. Kết quả thí nghiệm cho thấy tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng và độ hút nước của mẫu bê tông cũng tăng tương ứng với hàm lượng tro bay trong cấp phối. Việc thay thế xỉ măng bằng tro bay mang lại hiệu quả trong việc làm giảm khối lượng thể tích và độ co khô của bê tông. Từ đó đánh giá được tính khả thi của việc sử dụng tro bay thay thế một phần cát trong chế tạo vữa và bê tông.

Hiện nay, tại Việt Nam chưa có các quy định cụ thể về phương thức quản lý cũng như việc nghiên cứu xác định thành phần và tính chất của loại xỉ đáy lò này. Việc triển khai nghiên cứu hay ứng dụng tro bay và xỉ đáy lò vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt việc nghiên cứu sử dụng xỉ đáy lò từ các nhà máy đốt rác ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) trong sản xuất vật liệu xây dựng hay san lấp vẫn còn rất hạn chế [13]. Do đó, việc nghiên cứu và đánh giá khả năng tận dụng xỉ đáy lò đốt rác trong sản xuất vật liệu xây dựng (cụ thể là bê tông) có giá thành hợp lý đạt TCVN có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cấp thiết. Nghiên cứu cũng góp phần đẩy nhanh trong ứng dụng xỉ đáy lò như một loại cốt liệu thay thế cát tự nhiên trong sản xuất bê tông, đồng thời hạn chế nạn khai thác cát quá mức ở khu vực ĐBSCL như hiện nay. Để đạt được mục tiêu trên, nghiên cứu thực hiện các nội dung sau: (i) Thiết kế cấp phối bê tông, (ii) Đánh giá chất lượng mẫu bê tông theo TCVN hiện hành.

2. Phương pháp và phương tiện nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Mẫu vật liệu xỉ đáy lò (Hình 1) dùng để nghiên cứu được cung cấp bởi nhà máy đốt rác sinh hoạt tại xã Đông Hiệp, thành phố Cần Thơ, Việt Nam. Hỗn hợp bê tông bao gồm cát tự nhiên, xỉ đáy lò và đá 1x2 (kg). Một số chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu được trình bày trong Bảng 1.

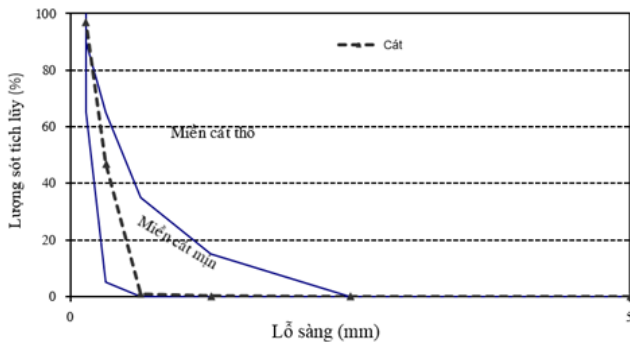


Hình 1. Xỉ đáy lò.

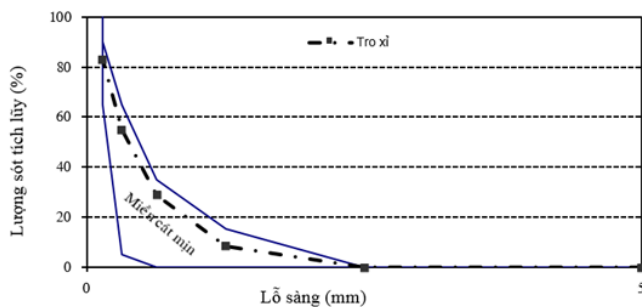


Hình 2. Mẫu bê tông.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy xi đáy lò có khối lượng riêng ($2,5 \text{ g/cm}^3$) và khối lượng thể tích xốp ($0,99 \text{ g/cm}^3$) nhỏ hơn so với cát tự nhiên tương ứng là $2,65$ và $1,37 \text{ (g/cm}^3\text{)}$. Tuy nhiên, thành phần hạt của xi đáy lò có cỡ hạt lớn hơn so với cát tự nhiên do số liệu mô đun độ lớn của xi đáy lò là $2,2 > 1,45$ so với cát tự nhiên. Ngoài ra, xi đáy lò có độ hút nước ($7,1 \%$) cao hơn cát tự nhiên ($3,0 \%$). Hình 3 và 4 thể hiện biểu đồ thành phần cát tự nhiên và thành phần hạt của xi đáy lò.



Hình 3. Biểu đồ thành phần hạt cát tự nhiên.



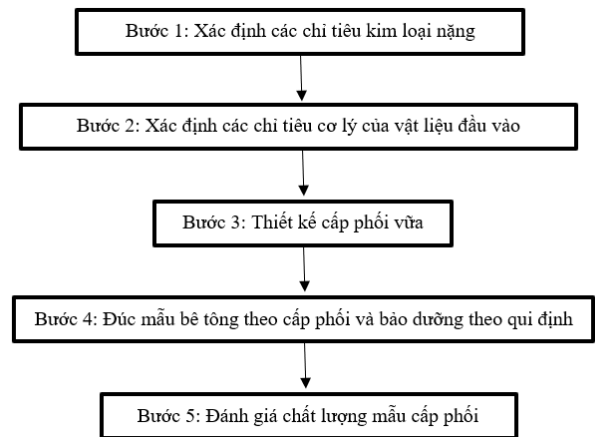
Hình 4. Biểu đồ thành phần hạt xi đáy lò.

Hình 3 thể hiện kết quả thử nghiệm thành phần hạt của cát tự nhiên theo cầu kỹ thuật của TCVN 7570:2006, cát trong nghiên cứu được đánh giá là loại cát mịn cơ bản phổ biến trong công tác bê tông thường được sử dụng trong các công trình dân dụng và giao thông với

mô đun độ lớn là $1,45$ và hàm lượng bùn bụi sét rất ít so với tiêu chuẩn, kết quả cho thấy thành phần hạt cát tự nhiên nằm trong miền giới hạn của tiêu chuẩn có thể sử dụng chế tạo bê tông. Hình 4 thể hiện thành phần hạt của xi đáy lò nằm trong miền giới hạn cho phép của tiêu chuẩn nên có thể thay thế cát tự nhiên chế tạo bê tông.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình thí nghiệm được tiến hành gồm có các bước cụ thể như Hình 5 sau:



Hình 5. Quy trình các bước thực hiện thí nghiệm.

Bước 1: Lấy mẫu xi đáy lò theo hướng dẫn của TCVN 10796:2015, sau đó tiến hành phân tích các chỉ tiêu theo các phương pháp được trình bày ở Bảng 2, tiến hành đánh giá so với QCVN 07-2009/BTNMT để kết luận mẫu xi đáy lò này có an toàn để tận dụng làm VLXD (vật liệu xây dựng) được hay không.

Bước 2: Nếu mẫu xi đạt QCVN 07-2009/BTNMT thì tiến hành xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu đầu vào để thiết kế cấp phối bê tông theo chỉ dẫn tiêu chuẩn (TCVN 7572-2:2006; TCVN 7572-4:2006; TCVN 7572-6:2006).

Bước 3: Thiết kế cấp phối cho mẫu đối chứng (M1) được căn cứ vào:

- + Mô đun độ lớn của cát, $M_{dl} (> 2)$
- + Căn cứ vào độ sụt thiết kế cấp phối chọn trong khoảng $14-17 \text{ cm}$ (mục tiêu sử dụng là bê tông làm đường nông thôn)

+ Kỳ vọng của thí nghiệm là mong muốn sau khi sử dụng xi đáy lò thay thế cát tự nhiên có mác bê tông lớn hơn $> M20$ để ứng dụng vào thực tế. Nghiên cứu có dự báo trước là khi sử dụng xi đáy lò thay thế cát tự nhiên thì mác bê tông có xu hướng giảm. Chính vì vậy nghiên cứu căn cứ vào Định mức sử dụng vật liệu xây dựng (Thông tư số 12/2021/TT-BXD ngày 31 tháng 08 năm 2021) để chọn định mức mác bê tông chuẩn là M30 (để thiết kế mẫu bê tông M1-theo Bảng 3). Nghiên cứu tiến hành quy đổi từ đơn vị thể tích (m^3) sang khối lượng thể tích

(kg) để thuận lợi cho việc định lượng. Kết quả thí nghiệm xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp bê tông được thể hiện ở Bảng 3.

Trong nghiên cứu này, mẫu M1 (mẫu đối chứng không sử dụng xi đáy lò), mẫu M2, M3, M4 có sử dụng xi đáy lò làm cốt liệu thay cát tự nhiên tương ứng với tỷ lệ 10 %; 20 % và 30 %.

Bước 4: Tiến hành đúc mẫu cấp phối theo cấp phối và bảo dưỡng theo qui định 28 ngày.

Mẫu bê tông có kích thước 150 x 150 x 150 mm được chuẩn bị và dưỡng hộ theo TCVN 3105:2022. Sau đó được xác định cường độ chịu uốn theo TCVN 3119:2022, cường độ chịu nén theo TCVN 3118:2022 tại thời điểm 28 ngày.

Bước 5: Sau đó, tiến hành đánh giá chất lượng mẫu (theo Bảng 4), nếu mẫu bê tông nào đạt tiêu chuẩn TCVN (về Mác bê tông M20) mà có hàm lượng sử dụng xi đáy lò (%) cao nhất thì được chọn để ứng dụng vào thực tế.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Các chỉ tiêu đánh giá mẫu bê tông theo TCVN hiện hành với kích thước mẫu và số lượng mẫu được trình bày ở Bảng 4.

Các mẫu sau khi được tạo hình, mẫu được bảo dưỡng trong khuôn 24 giờ, sau đó mẫu được tháo ra và bảo dưỡng trong nước. Các chỉ tiêu đánh giá của mẫu vừa được xác định ở thời điểm 7 ngày và 28 ngày sau khi tạo hình.

Quy trình xác định cường độ kéo khi uốn được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 3119:2022 theo các bước sau: Chuẩn bị mẫu thử→Đo kích thước tiết diện của mẫu→Đặt mẫu lên máy uốn→Tiến hành uốn mẫu→Tính toán kết quả.

Quy trình xác định cường độ chịu nén được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 3118:2022 theo các bước sau: Chuẩn bị mẫu thử→Kiểm tra mẫu thử →Tiến hành thử mẫu→Tính toán kết quả.

Quy trình xác định cường độ hút nước được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 3113:2022 theo các bước sau: Sấy mẫu và cân (m_o)→ Ngâm mẫu đến bão hoà và cân (m_1)→Tính toán kết quả.

Quy trình xác định độ co khô được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 3117:2022 theo các bước sau: Chuẩn bị mẫu→ Bảo dưỡng mẫu→ Phơi khô trong điều kiện môi trường tiêu chuẩn→ Đo chiều dài theo thời gian→Tính toán độ co khô theo công thức.

Quy trình xác định KLTT được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 3108:1993 theo các bước sau: Chuẩn bị mẫu→ Cân mẫu BT khô→ Xác định thể tích mẫu→Tính toán KLTT bê tông theo công thức.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu.

STT	Chỉ tiêu	Xi măng	Cát	Xi đáy lò	Đá 1x2
1	Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,09	2,65	2,50	2,68
2	Khối lượng thể tích xốp (g/cm ³)	-	1,37	0,99	1,31
3	Mô đun độ lớn	-	1,45	2,20	-
4	Độ hút nước (%)	-	3,00	7,10	-

Bảng 2. Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích kim loại nặng trong xi đáy lò.

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp phân tích	QCVN 07-2009/BTNMT
1	Asen (As)	ppm	ASTM D5233-92	40
2	Cadimi (Cd)	ppm	ASTM D5233-92	10
3	Chì (Pb)	ppm	ASTM D5233-92	300
4	Kẽm (Zn)	ppm	ASTM D5233-92	5.000
5	Crom (VI)	ppm	ASTM D5233-92	100
6	Niken (Ni)	ppm	ASTM D5233-92	1.400
7	Thủy ngân (Hg)	ppm	ASTM D5233-92	4
8	Coban (Co)	ppm	ASTM D5233-92	1.600

Nguồn: QCVN 07:2009/BTNMT

Bảng 3. Cấp phối vật liệu: (kg/m³).

Ký hiệu	Tỷ lệ xi đáy lò	Xi măng	Cát	Xi đáy lò	Đá 1x2	Nước (lít)
M1	0 %	370	657	0	1.142	200
M2	10 %	370	591	38	1.142	200
M3	20 %	370	526	77	1.142	200
M4	30 %	370	460	115	1.142	200

Bảng 4. Các chỉ tiêu đánh giá mẫu bê tông theo TCVN hiện hành.

STT	Chỉ tiêu đánh giá	Theo TCVN	Kích thước mẫu	Số lượng mẫu
1	Cường độ uốn	TCVN 3119:2022	150x150x600 mm	6
2	Cường độ nén	TCVN 3118:2022	150x150x150 mm	6
3	Độ hút nước	TCVN 3113:2022	150x150x150 mm	6
4	Độ co khô	TCVN 3117:2022	150x150x150 mm	6
5	Khối lượng thể tích (KLTT)	TCVN 3108:1993	5 lít	6

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng

Kết quả phân tích một số chỉ tiêu kim loại nặng được trình bày ở Bảng 5.

Kết quả phân tích ở Bảng 5 cho thấy các chỉ tiêu kim loại nặng của xỉ đáy lò có giá trị dưới ngưỡng của quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNMT. Như vậy, xỉ đáy lò không phải là chất thải nguy hại, xỉ đáy lò này an toàn về mặt môi trường có thể làm sử dụng như cốt liệu thay cát tự nhiên để chế tạo bê tông.

3.2. Đánh giá chất lượng mẫu bê tông

3.2.1. Độ sụt của bê tông

Kết quả thử nghiệm độ sụt của các hỗn hợp bê tông được trình bày trong Bảng 6. Độ sụt là đặc tính kỹ thuật được dùng để đánh giá khả năng độ lưu động (tính dẻo) của bê tông. Trong nghiên cứu này, độ sụt được chọn ở 14-17 cm.

Số liệu ở Bảng 6 cho thấy ở các hàm lượng xỉ đáy lò tăng dần từ 20 % - 30 % thì độ sụt tăng từ 16,5-19,5 cm, nguyên nhân là do xỉ đáy lò có cấu trúc nhẹ và xốp đồng thời có độ hút nước cao, lượng nước thêm vào được điều chỉnh theo độ hút nước của xỉ đáy lò, xỉ măng, cát và đá.

Bảng 5. Kết quả hàm lượng kim loại nặng trong xỉ đáy lò.

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Hàm lượng phân tích	QCVN 07-2009/BTNMT
1	Asen (As)	ppm	KPH (MDL = 5,0)	40
2	Cadimi (Cd)	ppm	KPH (MDL = 0,7)	10
3	Chì (Pb)	ppm	51,6	300
4	Kẽm (Zn)	ppm	76,9	5.000
5	Crom VI (Cr ⁶⁺)	ppm	KPH (MDL = 0,09)	100
6	Coban (Co)	ppm	5,2	1.600
7	Thủy ngân (Hg)	ppm	KPH (MDL = 0,14)	4
8	Niken (Ni)	ppm	KPH (MDL = 5,16)	1.400

(Nguồn: Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn đo lường chất lượng Cần Thơ, 2021)

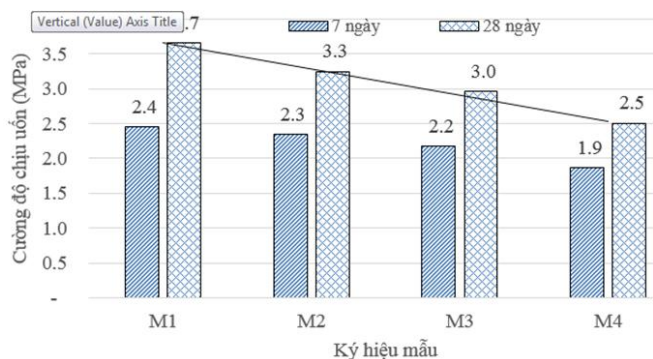
Bảng 6. Độ sụt của hỗn hợp bê tông tươi.

Mẫu	Đơn vị	Độ sụt	Thông tư 12/2021/TT-BXD
M1	cm	14	14-17
M2	cm	16,5	14-17
M3	cm	18,5	14-17
M4	cm	19,5	14-17

3.2.2. Cường độ chịu uốn

Việc thay thế một phần cát bằng xỉ đáy lò trong các cấp phối bê tông là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến cường độ chịu uốn của bê tông. Hình 6 thể hiện giá trị cường độ chịu uốn của các mẫu bê tông ở tuổi 7 và 28 ngày.

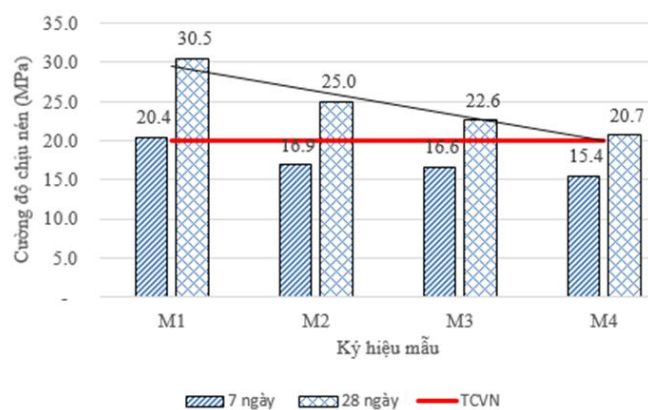
Quan sát biểu đồ Hình 6 cho thấy việc thay thế cát tự nhiên bằng xỉ đáy lò với hàm lượng 0-30 % làm giảm cường độ chịu uốn của mẫu bê tông (giảm từ 3,7 ÷ 2,5 MPa) ở 28 ngày tuổi do xỉ đáy lò có tỷ trọng thấp hơn và độ hút nước cao hơn so với cát tự nhiên. Những yếu tố này đã ảnh hưởng đến khả năng kết dính của bê tông làm giảm độ bền uốn của mẫu.



Hình 6. Cường độ chịu uốn mẫu vữa bê tông ở 7 và 28 ngày tuổi.

3.2.3. Cường độ chịu nén

Giá trị cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông ở tuổi 7 và 28 ngày thể hiện ở Hình 7.



Hình 7. Cường độ chịu nén mẫu vữa bê tông ở 7 và 28 ngày tuổi.

Cường độ chịu nén của các mẫu làm thí nghiệm được ghi nhận và trình bày ở Hình 7. Ở 28 ngày tuổi, giá trị cường độ chịu nén cao

Bảng 7. Khối lượng thể tích-độ hút nước-độ co khô ở 28 ngày.

Ký hiệu cấp phối	KLTT (kg/m ³)	Độ hút nước (%) ngày 28	Độ co khô (%) ở 28 ngày
M1	2.277	5,6	-2,5
M2	2.238	6,0	-2,6
M3	2.178	7,6	-2,8
M4	2.060	9,2	-3,2

3.2.5. Đánh giá mối quan hệ giữa độ co khô-độ hút nước và KLTT và cường độ chịu nén

Hình 8 và Hình 9 thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa độ co khô và độ hút nước cũng như thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa KLTT và cường độ (chịu nén).

Đường thẳng $y = 5,25x - 7,47$ đã được thiết lập ở Hình 8 cho thấy rằng việc thay thế cát bằng xi đáy lò làm ảnh hưởng đáng kể đến

nhất là 30,5 MPa ở cấp phối M1 đối chứng không sử dụng xi đáy lò, tiếp theo là các giá trị 25,0; 22,6; 20,7 MPa tương ứng với các cấp phối 10 %; 20 %; 30 % xi đáy thay thế cát tự nhiên. Ngoài ra, Hình 7 còn cho thấy một xu hướng chung là giá trị cường độ chịu nén của các mẫu bê tông giảm (tương ứng từ 25,0 xuống 20,7 MPa) khi tăng hàm lượng xi đáy lò trong cấp phối bê tông. Nguyên nhân chính có thể là do xi đáy lò có cấu trúc bề mặt rỗng và xốp. Do đó, khi thay thế cát tự nhiên nó có xu hướng làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Tuy nhiên, khi thay thế cát tự nhiên bằng hàm lượng xi đáy lò 30 %, mặc dù mẫu vữa M4 có cường độ chịu nén giảm đáng kể (khoảng 33 % so với mẫu đối chứng M1). Tuy nhiên, cấp phối M4 vẫn đạt cường độ của mẫu bê tông thiết kế (cường độ M20).

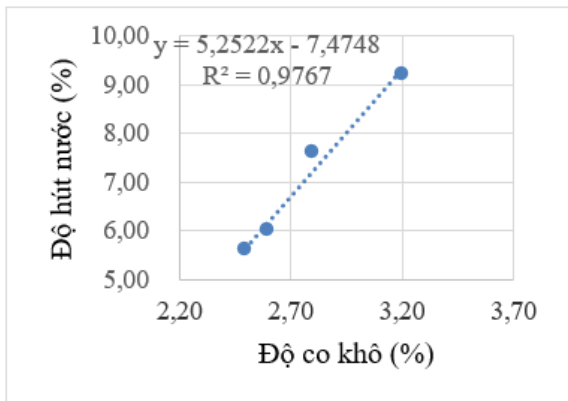
3.2.4. Khối lượng thể tích-độ hút nước-độ co khô ở 28 ngày

Khối lượng thể tích-độ hút nước-độ co khô ở 28 ngày được trình bày ở Bảng 7.

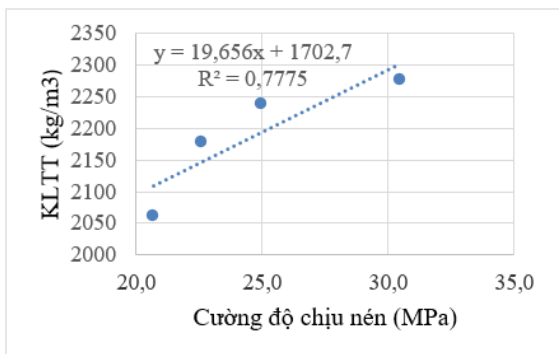
Về khối lượng thể tích, do KLTT xốp của xi đáy lò có giá trị 0,99 (g/cm³) nhỏ hơn KLTT của cát tự nhiên (1,37 m³). Vì vậy, khi sử dụng hàm lượng (%) xi đáy lò thay thế cát tự nhiên trong bê tông tăng lên sẽ làm giảm khối lượng thể tích của hỗn hợp. Bảng 7 thể hiện giá trị độ hút nước theo khối lượng của các mẫu ở tuổi 28 ngày. Độ hút nước của các mẫu có sử dụng xi đáy lò (M2 – M4) có giá trị trong khoảng từ 6,0 ÷ 9,2 %. Độ hút nước thấp thì tốt cho bê tông khi ứng dụng ở thực tế, ví dụ như giúp bê tông chống thấm tốt, hạn chế phát sinh tình trạng ẩm mốc, rong rêu bám vào vật liệu công trình, giúp kéo dài tuổi thọ của vật liệu xây dựng công trình [13].

Độ co khô của tất cả các mẫu bê tông trong nghiên cứu này ở mức tương đối thấp, dao động trong khoảng 2,5 % - 3,2 %. Các giá trị độ co khô tăng nhẹ từ 0,1 % đến 0,4 % khi tăng hàm lượng xi đáy lò thay thế xi măng trong các cấp phối vữa bê tông.

độ co khô và độ hút nước của các mẫu cấp phối và có mối quan hệ tuyến tính: độ co khô tăng thì độ hút nước tăng theo (với hệ số tương quan tương đối cao $R^2 = 0,97$). Ngoài ra, Hình 9 cho thấy cường độ chịu nén của bê tông giảm khi khối lượng thể tích của bê tông giảm và có mối quan hệ tuyến tính (với $R^2 = 0,78$). Như vậy, kết quả thực nghiệm cho thấy rằng việc thay thế cát tự nhiên bằng xi đáy lò (có khối lượng thể tích xốp) càng nhiều thì cường độ (chịu nén) của các mẫu cấp phối càng giảm.



Hình 8. Mối quan hệ tuyến tính giữa độ co khô và độ hút nước.



Hình 9. Mối quan hệ tuyến tính giữa KLTT và cường độ (chịu nén).

Tổng hợp các kết quả thí nghiệm, mẫu bê tông M4 có sử dụng đến 30 % xi đáy lò như là cốt liệu nhỏ trong cấp phối vữa mà cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của mẫu bê tông đạt tiêu chuẩn về mức của bê tông M20 có thể ứng dụng vào thực tế. Nguồn xi đáy lò này có thể xem như một nguồn vật liệu tiềm năng để có thể sử dụng như cốt liệu nhỏ (cát) trong cấp phối vữa xây dựng cũng như trong bê tông.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu tận dụng xi đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt sản xuất bê tông, có thể kết luận như sau:

- Kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng của xi đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt có giá trị dưới ngưỡng quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNMT. Như vậy, xi đáy lò có thể an toàn sử dụng như cốt liệu thay cát tự nhiên để chế tạo bê tông.

- Độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng không đáng kể khi tăng hàm lượng xi đáy lò trong cấp phối vữa. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông giảm đáng kể khi thay thế 10 ÷ 30 % khối lượng cát bằng xi đáy lò. Cường độ chịu uốn của bê tông bị ảnh hưởng đáng kể khi xi đáy lò được sử dụng như cốt liệu nhỏ (thay thế cát) trong cấp phối của bê tông.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy với hàm lượng xi đáy lò thay thế cát tự nhiên 30 % theo khối lượng đáp ứng một số yêu cầu chính theo

các TCVN hiện hành và đạt chuẩn Bê tông M20, có thể ứng dụng thực tế vào lĩnh vực xây dựng.

- Tuy nhiên, vẫn cần tiếp tục nghiên cứu để đánh giá toàn diện hơn về ảnh hưởng của xi đáy lò đến khả năng thay thế toàn bộ cốt liệu cát tự nhiên (100 %) nhằm góp phần làm giảm khai thác cát tự nhiên làm vật liệu xây dựng hạn chế gây sạt lở bờ sông.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Văn Phước, *Giáo trình quản lý và xử lý chất thải rắn*. Nhà xuất bản xây dựng, 2008.
- [2]. Nguyễn Châu Lân, “Sử dụng tro đáy từ nhà máy đốt rác làm vật liệu xây dựng”, *Tạp chí khoa học công nghệ Việt Nam*, Số 8, Tr.42-48, 2021.
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019, Chuyên đề: Quản lý chất thải rắn sinh hoạt*. Nhà xuất bản Dân Trí, 2019.
- [4]. Đinh Nam Vinh, “Công nghệ xử lý chất thải rắn sinh hoạt: những vấn đề cần quan tâm”, *Tạp chí khoa học công nghệ Việt Nam*. Số 7, Tr. 23-29, 2022.
- [5]. Ngô Trà Mai, Bùi Quốc Lập, “Nghiên cứu thành phần và đề xuất cách thức sử dụng tro xi từ lò đốt rác sinh hoạt phát điện”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 48, tr. 50-56, 2015.
- [6]. Rajamane, N. P., Ambily, P.S,” Fly ash as a sand replacement material in concrete –A study Indian Concrete Journal”, No 87, pp.1-7, 2013.
- [7]. Siddique, R. “Effect of Fine Aggregate Replacement With Class F Fly Ash on Mechanical Properties of Concrete”, *Cement and Concrete Research*, 33, pp.539-547, 2003.
- [8]. Jones, M. R. & McCarthy, A. “Utilizing Unprocessed Low Lime Coal Fly Ash in Foamed Concrete”, No 84, pp.1398-1409, 2005.
- [9]. Bawab, J., Khatib, J., Kenai, S., Sonebi, M. “A Review on Cementitious Materials Including Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash (MSWI-BA) as Aggregates”, *MDPI*, pp.179, 2021.
- [10]. Cao Tiến Phú, Trương Đức Tiếp, “Nghiên cứu sử dụng tro, xi của lò đốt chất thải rắn sinh hoạt làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng”, *Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng*, tập 11, số 6, Tr.95 –102, 2021.
- [11]. Huỳnh Trọng Phước, Nguyễn Trường Long, Lâm Trí Khang, Lê Thành Phiêu, Lê Văn Quang, “Nghiên cứu chế tạo gạch bê tông tự chèn cho công trình bảo vệ bờ sử dụng phế thải tro-xi lò đốt rác”, *Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng*, số 3, Tr. 24 –29, 2021.
- [12]. Đoàn Công Chánh, Nguyễn Phú Nhuận, Trần Văn Khánh, Huỳnh Trọng Phước, “Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế một phần xi măng đến các tính chất của bê tông cường độ cao”, *Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng*, tập11, số 5, Tr. 6 –12, 2022.
- [13]. Nguyễn Văn Tuyền, Huỳnh Trọng Phước, “Nghiên cứu tận dụng tro bay và xi đáy từ nhà máy đốt rác phát điện trong sản xuất gạch lát vỉa hè không nung”, *Tạp chí Xây dựng Việt Nam*, số 620, Tr. 37-40, 2020.