



THỬ NGHIỆM SỬ DỤNG CÁT NHÂN TẠO TỪ ĐÁ THẢI MỎ KẾT HỢP TRO BAY NHIỆT ĐIỆN TRONG CHẾ TẠO BÊ TÔNG PHỤC VỤ XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN NỀN KINH TẾ TUẦN HOÀN

Phạm Thị Nhân^{1,*}, Phạm Chí Linh²,

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

² Công ty Dung Huy, Hạ Long, Quảng Ninh, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 20/02/2025

Ngày nhận bài sửa: 24/3/2025

Ngày chấp nhận đăng: 05/4/2025

^{1,*}Tác giả liên hệ:

Email: phamthinhan@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Nhu cầu về năng lượng phục vụ xây dựng và phát triển kinh tế thúc đẩy sản lượng khai thác khoáng sản gia tăng không ngừng. Kèm theo đó là khối lượng phế thải phát sinh ngày càng nhiều, gây ra những vấn đề môi trường nghiêm trọng. Trong thời đại cách mạng công nghiệp 4.0, việc thúc đẩy sự phát triển kinh tế tuần hoàn (Circular Economy - CE), kinh tế xanh giảm phát thải khí nhà kính đang trở thành một xu hướng phát triển bền vững của thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Do đó, trong quá trình khai thác mỏ, thay vì coi đất đá thải mỏ là phế thải cần giải quyết, cần tìm cách tái chế và tái sử dụng nguồn phế thải này. Việc sử dụng đá thải ngành khai thác mỏ để sản xuất vật liệu xây dựng có thể đóng góp đáng kể vào việc giảm phát thải khí nhà kính thông qua một số cơ chế như: giảm thiểu khai thác tài nguyên thiên nhiên, tiết kiệm năng lượng trong sản xuất, giảm phát thải từ xử lý chất thải, giảm phát thải từ quá trình vận chuyển và tăng cường hiệu quả sử dụng tài nguyên tạo ra giá trị kinh tế mới. Bài báo trên cơ sở tổng hợp cơ sở lý thuyết và các kết quả nghiên cứu trước đó về việc sử dụng đá thải trong sản xuất vật liệu xây dựng, đồng thời trình bày kết quả thử nghiệm chế tạo mẫu bê tông từ cát nhân tạo (được làm từ đá thải mỏ) và phế thải từ nhà máy nhiệt điện (tro bay). Kết quả nén mẫu sau 28 ngày cho thấy cường độ nén của bê tông đạt trên 55,6MPa, khối lượng thể tích là 2,37 kg/m³, độ sụt là 12 cm, cấu trúc bê tông đồng nhất. Những kết quả nghiên cứu này đánh giá tiềm năng lớn của việc sử dụng đá thải trong khai thác mỏ để sản xuất vật liệu xây dựng giảm lượng chất thải ra môi trường, đóng góp vào mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: Đá thải mỏ, cát nhân tạo, tro bay, bê tông, TOFD, độ bền nén.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh hiện nay, khi tài nguyên thiên nhiên ngày càng khan hiếm và ô nhiễm môi trường trở thành mối quan ngại toàn cầu, việc tìm kiếm các nguồn năng lượng mới như là các giải pháp bền vững và hiệu quả để thay thế vai trò của các nguồn năng lượng, tài nguyên thiên nhiên trong việc phục vụ và phát triển công nghiệp, đời sống là một nhu cầu cấp bách. Khai thác mỏ và sản xuất năng lượng điện từ các nguồn năng lượng hóa thạch là một ngành công nghiệp trọng yếu, không

chỉ cung cấp nguyên liệu quan trọng cho nhiều ngành sản xuất mà còn tạo ra lượng lớn phế thải như đất đá thải, bùn thải, khí thải, tro xỉ... gây áp lực lớn lên môi trường. Thay vì coi phế thải tạo ra trong quá trình khai thác và sản xuất năng lượng điện từ các nguồn năng lượng hóa thạch là vấn đề cần giải quyết, bài báo này đề xuất sử dụng chúng thành nguồn tài nguyên quý giá, góp phần vào sản xuất vật liệu xây dựng. Trong thời đại cách mạng công nghiệp 4.0, việc thúc đẩy sự phát triển kinh tế xanh giảm phát thải khí nhà kính, nền kinh tế tuần



hoàn đang trở thành một xu hướng phát triển bền vững của thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Kinh tế tuần hoàn (Circular Economy) là một mô hình kinh tế nhằm tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, giảm thiểu lãng phí, giảm phát thải khí nhà kính và các tác động tiêu cực đến môi trường. Khác với mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống (Linear Economy), nơi tài nguyên được khai thác, sử dụng và thải bỏ, kinh tế tuần hoàn, kinh tế xanh tập trung vào việc kéo dài vòng đời sản phẩm và tái sử dụng tài nguyên. Các mô hình CE đã bắt đầu hiện hữu trong nhiều lĩnh vực như chế tạo vật liệu tái chế và năng lượng tái tạo, đã mang lại lợi ích đáng kể cho cả kinh tế, xã hội và môi trường. Ở Việt Nam, Chính phủ và Bộ Xây dựng đã xác định chiến lược phát triển các loại vật liệu thân thiện với môi trường, vật liệu mới trên cơ sở sử dụng vật liệu tại chỗ, tái sử dụng các loại chất thải tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón, v.v., làm vật liệu xây dựng là một trong các nhiệm vụ quan trọng hiện nay trong chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh, phát triển kinh tế tuần hoàn.

Hiện nay tài nguyên cát tự nhiên ngày càng khan hiếm do khai thác quá mức, việc tìm kiếm các nguồn vật liệu thay thế bền vững là một yêu cầu cấp thiết. Cát nghiền nhân tạo từ đá thải mỏ đang nổi lên như một giải pháp tiềm năng, không chỉ giúp giảm áp lực lên nguồn cát tự nhiên mà còn góp phần xử lý chất thải rắn trong ngành khai khoáng.



Bên cạnh đó, tro bay – một chất thải do đốt than của nhà máy nhiệt điện – cũng được chứng minh là có khả năng cải thiện tính chất cơ lý của bê tông khi sử dụng hợp lý. Việc kết hợp cát nghiền nhân tạo từ đá thải mỏ với tro bay trong chế tạo bê tông có cường độ nén trên 40 MPa không chỉ mở ra hướng đi mới trong ngành xây dựng mà còn góp phần bảo vệ môi trường và tối ưu hóa sử dụng tài nguyên. Tuy nhiên, để ứng dụng hiệu quả các vật liệu này, cần có nghiên cứu chuyên sâu về tính chất cơ học và ảnh hưởng của chúng đến chất lượng bê tông. Bài báo này tập trung nghiên cứu khả năng sử dụng cát nghiền nhân tạo từ đá thải mỏ kết hợp với tro bay nhiệt điện trong chế tạo bê tông đạt cấp độ bền trên 40 MPa để sử dụng trong xây dựng.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hiện trạng sử dụng đá thải mỏ để sản xuất vật liệu xây dựng

Đất đá thải mỏ là các loại đất lẫn đá phát sinh trong quá trình khai thác các loại khoáng sản. Đất đá thải mỏ có thể ở tại các khai trường khai thác hoặc đã được tập kết tồn chứa tại các bãi thải mỏ. Theo thời gian khai thác sẽ hình thành những bãi thải với dung khối hàng chục triệu m³, chiếm dụng hàng ngàn ha, gây ô nhiễm môi trường và nguy cơ gây sạt lở đất đá, trôi lấp đất đá vào các khu vực dân cư vào mùa mưa bão rất cao [1], Hình 1.



Hình 1. Bãi thải đá mỏ khu vực Cẩm Phả

Đối với các mỏ than khai thác bằng phương pháp lộ thiên, để khai thác và tuyển chọn được 1 m³ than sạch thông thường phải bóc bỏ đi 8 – 12 m³ đất đá thải. Theo thống kê, trữ lượng đất đá thải của vùng Quảng Ninh từ hoạt động khai thác than trong giai đoạn 2013-2020 vào khoảng 5,3 tỷ m³. Tính đến cuối năm 2022 TKV quản lý khoảng 64 bãi thải với tổng dung tích lưu chứa khoảng 3.764

triệu m³. Các bãi thải dung khối lớn tập trung chủ yếu ở Cẩm Phả, Hòn Gai và Đông Triều – Uông Bí với khối lượng đã đổ thải đến thời điểm hiện tại khoảng 2.885,237 triệu m³, chiếm 76,6% tổng dung tích lưu chứa [5].

Hiện nay các bãi thải cũng có các giải pháp để hạn chế ảnh hưởng đến môi trường cảnh quan Quảng Ninh nói chung và các khu vực lân cận nói



riêng. Tuy nhiên để phù hợp với định hướng của chính phủ và ngành than sử dụng tiết kiệm, hiệu quả nguồn tài nguyên, thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn tại địa phương một số cơ quan, công trình đã sử dụng đất đá thải mỏ để sản xuất một số vật liệu xây dựng có thể kể đến như sau:

2.1.1. Sử dụng đá thải mỏ làm vật liệu san lấp mặt bằng

Theo Sở Xây dựng Quảng Ninh, nhu cầu vật liệu dùng mục đích san lấp giai đoạn 2024 - 2025

cần hơn 550 triệu m³, giai đoạn 2026 - 2030 thêm gần 490 triệu m³. Như vậy tính đến năm 2030, nhu cầu vật liệu san lấp các dự án đăng ký khoảng hơn 1.060 triệu m³. Căn cứ kế hoạch chủ trương đầu tư xây dựng các dự án, công trình trên địa bàn tỉnh, dự kiến nhu cầu sử dụng vật liệu san lấp mặt bằng tại các địa đến 2030 như trong Bảng 1 [6]. Trong đó đến 2030 TKV có thể cung cấp khoảng hơn 630 triệu m³ đá thải mỏ làm vật liệu san lấp.

Bảng 1. Nhu cầu vật liệu đắp, san lấp mặt bằng tại Quảng Ninh đến 2030 [6]

TT	Tên địa phương	Nhu cầu vật liệu đắp, san lấp mặt bằng (1.000 m ³)	TT	Tên địa phương	Nhu cầu vật liệu đắp, san lấp mặt bằng (1.000 m ³)
1	TP Hạ Long	20.400	8	Huyện Tiên Yên	4.103
2	TP Uông Bí	38.500	9	Huyện Bình Liêu	2.305
3	TP. Móng Cái	41.903	10	Huyện Đàm Hà	6.550
4	TP. Cẩm Phả	85.100	11	Huyện Hải Hà	16.840
5	TX.Quảng Yên	184.963	12	Huyện Cô Tô	849
6	TS. Đông Triều	37.020	13	Huyện Ba Chẽ	2.220
7	Huyện Vân Đồn	56.900		Tổng	497.653

Đá thải mỏ có thể được dùng làm vật liệu san lấp, vật liệu nền đường tùy thuộc vào mục đích và đối tượng sử dụng cần phải được phân tích tính chất, thành phần đáp ứng các tiêu chuẩn, quy chuẩn quốc gia như TCVN 4054: 2005 về đường ô tô – yêu cầu thiết kế, TCVN 7570:2006 về cốt liệu bê tông và vữa. Một số kết quả phân tích thành phần khoáng vật và hoá học (XRD Và XRF) của mẫu đá thải lấy tại bãi đổ thải Bắc Bàng Danh và

trụ nam mỏ Suối Lại trong bảng 2 cho thấy với hàm lượng thành phần hoá học chủ yếu là SiO₂ khoảng trên 70% +80%, Al₂O₃ từ 11%÷14% và K₂O từ 3 %÷6% và một số oxyt khác chiếm tỷ lệ nhỏ hoặc không đáng kể. Các thành phần khoáng vật bao gồm Quartz-alpha, muscovite và Nacrite... Các kết quả phân tích này cho thấy đá thải mỏ tại hai vị trí lấy thí điểm hoàn toàn có thể sử dụng làm vật liệu xây dựng.

Bảng 2. Thành phần hóa học của mẫu đá gốc trong các loại đất đá thải khảo sát [4]

Thành phần Oxyt, %	ĐSL	ĐTM
SiO ₂	77,73	81,22
Al ₂ O ₃	13,54	11,13
CaO	0,63	0,0
MgO	0,0	0,0
K ₂ O	3,37	6,70
TiO ₂	0,43	0,22
Fe ₂ O ₃	1,55	0,59
CuO	1,43	0,0
ZnO	0,99	0,0
Khác	0,33	0,14



2.1.2. Sử dụng đá thải mỏ chế tạo gạch không nung

Hiện nay, để phục vụ nhu cầu xây dựng của tỉnh Quảng Ninh nhu cầu vật liệu xây dựng là rất lớn, tuy nhiên nguồn cung một số sản phẩm xây dựng truyền thống chưa đáp ứng đủ. Tuy nhiên, năng lực sản xuất gạch để cung ứng cho các đơn vị xây dựng trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh mới chỉ đáp ứng được khoảng 70% nhu cầu. Do vậy, để đáp ứng nhu cầu xây dựng phải thu mua và vận chuyển từ các địa bàn xung quanh. Một phần do nguồn đất sét hiếm nên giá thành sản xuất gạch truyền thống tại Quảng Ninh cũng tương đối cao. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - TKV năm 2000 đã triển khai hướng nghiên cứu “Nghiên cứu công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng của nguồn đá xít thải từ các nhà máy tuyển than”. Kết quả đề tài bao gồm sản xuất thử và đưa vào sử dụng hơn 23.000 viên gạch trong xây dựng từ nguồn xít thải của các nhà máy tuyển than Cửa Ông và Hòn Gai. Tuy kết quả kiểm nghiệm và sử dụng đã cho thấy, mặc dù sản phẩm đạt chất lượng tương đương so với gạch nung từ đất sét, nhưng quy trình sản xuất vẫn bao gồm sấy, nung gây ảnh hưởng đến môi trường. Gần đây có nhóm nghiên cứu của Đại học công nghiệp Quảng Ninh triển khai nghiên cứu quy trình công nghệ hợp lý để sản xuất loại gạch không nung với cốt liệu từ đá thải trên dây chuyền công nghiệp sản xuất thực tế. Đề tài chế tạo thành công 400 viên gạch tiêu chuẩn với các mẫu, kích thước khác nhau tương ứng với mác gạch M75; 400 viên gạch tiêu chuẩn với các mẫu, kích thước khác nhau tương ứng với mác gạch M100. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu của đề tài ở giai đoạn sản xuất thử nghiệm, chưa có giải pháp để đưa vào sản xuất đại trà nhằm thay thế các loại gạch đất sét nung. Để việc sử dụng đá thải mỏ chế tạo gạch không nung có thể được thương mại hoá tốt hơn trên thị trường, góp phần giảm thiểu chất thải rắn, tận dụng tiết kiệm tối

đá nguồn tài nguyên và tăng sinh kế cho người dân thì các nghiên cứu chi tiết về việc sử dụng đá thải mỏ nhằm chế tạo gạch không nung cần được đầu tư và nghiên cứu thêm để kết quả của các nghiên cứu thực sự phát huy được hiệu quả.

2.2. Thử nghiệm sử dụng đá thải mỏ sản xuất cát nhân tạo, bê tông xây dựng

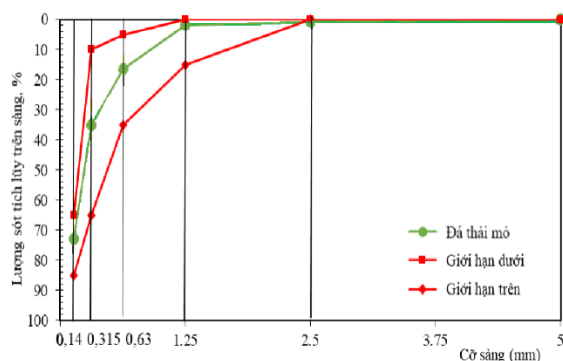
2.2.1. Lựa chọn vật liệu, cấp phối và quy trình chế tạo mẫu

(1) Cát nghiền nhân tạo

Phân tích mục 2.1 cho thấy, với đá thải mỏ có thành phần hoá và thành phần khoáng đáp ứng được tiêu chí làm vật liệu xây dựng. Thành phần đất thải có $d < 50$ mm được tận thu làm vật liệu san lấp mặt bằng và lán biển cho một số dự án còn thành phần các loại đá sỏi, sạn kết có kích thước $d > 50$ mm chưa được tận thu triệt để. Trước đây, có Công ty cổ phần Thiên Nam đầu tư và tận dụng gần 1 triệu m^3 / năm để sản xuất cát nghiền và các vật liệu san lấp khác. Năm 2024, Công ty cổ phần Dung Huy đã nghiên cứu và hoàn thiện công nghệ sản xuất cát nghiền từ đất đá thải tại tỉnh Quảng Ninh. Điều này đã cho thấy khả năng sử dụng thành công đất đá thải từ các hoạt động khai thác mỏ tại Quảng Ninh để làm vật liệu xây dựng, phục vụ việc phát triển cơ sở hạ tầng tại khu vực Quảng Ninh. Biểu đồ thành phần cỡ hạt của cát nghiền nhân tạo từ đá thải mỏ sử dụng làm thí nghiệm chế tạo bê tông xây dựng như Hình 3 [4]. Thành phần hạt của cát được xác định trên bộ sàng tiêu chuẩn có kích thước mắt sàng lần lượt là: 0,14 mm; 0,315 mm; 0,63 mm; 1,25 mm; 2,5 mm; 5 mm theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006 và TCVN 9205:2012 được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Bộ sàng tiêu chuẩn dùng xác định thành phần cỡ hạt của cát sản xuất từ đá thải mỏ



Hình 3. Thành phần hạt của cát nhân tạo đá thải mỏ, [4]



(2) Tro bay: Tro bay thu được từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than đá trong các nhà máy nhiệt điện chạy than, là phế thải thoát ra từ buồng đốt qua ống khói nhà máy, có dạng bụi khí thải, hạt mịn [2], [3]. Trong nước, tỷ lệ tiêu thụ tro, xỉ đã tăng dần qua các năm: năm 2019 là 50%; năm 2020 là 60%; năm 2021 là 87%; năm 2022 là 105,7% và năm 2023 đạt hơn 18,01 triệu tấn, tương đương 99,6% tổng lượng phát thải trong năm. Lượng tro bay, bụi và khí độc thải ra hàng năm từ các nhà máy nhiệt điện đã ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường cũng như điều kiện sống của con người. Vì vậy, việc sử dụng tro bay làm chất kết dính thay thế một

phần xi măng trong sản xuất bê tông và vữa, đặc biệt là trong công nghệ vật liệu chịu nhiệt, là một cách để bảo vệ môi trường cũng như tiết kiệm nguồn nguyên vật liệu tự nhiên, góp phần thúc đẩy sản xuất vật liệu xanh và công trình xây dựng bền vững trong tương lai. Trong nghiên cứu sử dụng tro bay (FA) của nhà máy nhiệt điện Phả Lại thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014, (TCVN 10302:2014,2014) có lượng sót sàng 45µs là 25,3% và khối lượng riêng là 2,47 g/cm³. Thành phần hóa của tro bay Phả Lại được giới thiệu trong Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học và tính chất của tro bay Phả Lại

Thành phần hóa, %									Khối lượng riêng	Sót sàng 45µs, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	MKN	Khác		
57,26	22,90	6,75	1,69	0,20	3,09	0,15	4,86	3,10	2,47	25,3

(3). Xi măng Poóc lăng PC40 Bút Sơn (X) thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 2682 : 2009 (TCVN 2682 : 2009, 2009). Các tính

chất cơ lý của xi măng Poóc lăng PC 40 Bút Sơn được giới thiệu trong Bảng 4.

Bảng 4. Tính chất cơ lý của Xi măng PC40 Bút sơn

Khối lượng riêng(g/cm ³)	Lượng sót trên sàng N0,09	Tỷ diện bề mặt (cm ² /g)	Độ dẻo tiêu chuẩn (%)	Thời gian đông kết, (phút)		Cường độ nén, MPa	
				Bắt đầu	Kết thúc	3 ngày	28 ngày
3,08	5,5	3,12	29,5	90	215	27,4	45,8

(4) Cốt liệu lớn là đá dăm cacbonat (D) có D_{max} = 20 m, có độ nén đập bão hòa nước là 7,2%, ρ = 2,67 g/cm³

(5). Nước (N): Nước sạch được sử dụng để trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 4506:2012 (TCVN 4506:2012, 2012).

Quá trình tính toán, thiết kế thành phần cấp phối của bê tông sử dụng hỗn hợp tro bay, cát nhân tạo theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD

ngày 05/09/1998 “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại”. Dựa vào hàm lượng của tro bay thay thế được 20% lượng xi măng theo cấp phối bình thường, bài báo đã tính toán và thu được cấp phối hỗn hợp bê tông sử dụng cát xây nhân tạo và tro bay là sản phẩm của nhà máy nhiệt điện, trình bày trong Bảng 5. Các mẫu sau khi tạo hình, được bảo dưỡng 24 giờ trong khuôn, sau đó mẫu được tháo khuôn và được đưa đi ngâm trong bể nước để bảo dưỡng đến tuổi thí nghiệm.

Bảng 5. Cấp phối vật liệu cho 1 m³ hỗn hợp bê tông sử dụng tro bay, cát nhân tạo

Kích thước đá (cm)	Thành phần				
	Xi măng PCB40 (kg)	Cát xây nhân tạo (kg)	Đá dăm (kg)	Tro bay (phụ gia khoáng) (kg)	Nước sạch (kg)
1×2 (tỷ lệ tro bay chiếm 20% xi măng)	560,66	347,44	1 117,78	112,13	236,07
1×2 (tỷ lệ tro bay chiếm 0% xi măng)	624,22	390,67	1 121,9	0	251,42



Quy trình chế tạo mẫu được thể hiện như hình 4 dưới đây.



Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Bút Sơn



Đá dăm cỡ 1 x 2 cm



Cát nghiền nhân tạo



Tro bay



Phối trộn vật liệu



Mẫu sau khi tháo khuôn

Hình 4. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu và mẫu sau khi chế tạo

2.2.2. Chương trình thí nghiệm

(1) Thí nghiệm xác định tính chất cơ lý của mẫu bê tông

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;

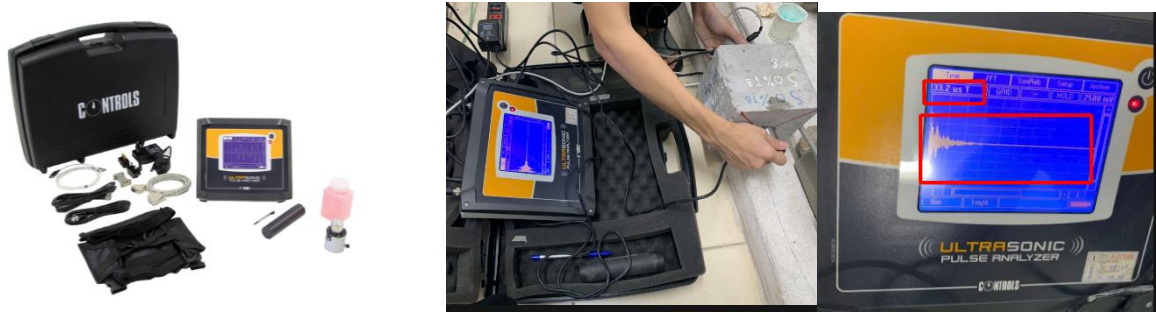
- Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 0 ngày, 28 ngày sau khi nhào trộn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3115:2022 thể hiện trên hình 5.



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

(2) Thí nghiệm xác định thời gian lan truyền xung theo phương pháp TOFD (Time of Flight Diffraction) xác định độ đồng nhất bê tông. Nghiên cứu sử dụng máy Ultrasonic Pulse Analyzer bên

trong thiết bị đã được tích hợp sẵn bộ đếm thời gian. Do vậy, khi đặt hai cảm biến của máy siêu âm với sơ đồ bố trí như hình 6 thời gian lan truyền xung sẽ được hiển thị trên máy.



Hình 6. Thí nghiệm đo xung siêu âm a) Máy Ultrasonic Pulse Analyzer, b) Đo xung siêu âm trên

(3) Thực nghiệm đã xác định được độ sụt và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông chế tạo từ đá thải mỏ, kết quả thu được đã thể hiện trong Bảng 6.

- Cường độ nén của mẫu bê tông sử dụng tro

bay, cát nhân tạo ở 28 ngày được xác theo trình tự của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:2022;

- 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. Hình ảnh mẫu bị phá hoại



Hình 8. Hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9

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 sụt của hỗn hợp bê tông (cm); khối lượng

thể tích của bê tông, cường độ nén của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày và thời gian lan truyền xung siêu âm theo phương pháp TOFD. Kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này đã được trình bày chi tiết trên Bảng 6.

Bảng 6. Tính chất cơ lý của bê tông sau khi rắn chắc

STT	Tính chất	Hàm lượng Tro bay	
		20%	0%
1	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)	12	7
2	Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m ³)	2375	2411
3	Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 0 ngày (kg/m ³)	2378	2413
4	Cường độ nén trung bình (MPa) tại tuổi 28 ngày	55,6	41,81
5	Thời gian lan truyền xung siêu âm (TOFD)		
6	Trực tiếp (μs)	32,6	37,9
7	Bán trực tiếp (μs)	22,7	27,8



Trên cơ sở các kết quả thu được từ việc thí nghiệm các mẫu bê tông xi măng sử dụng cát xay nhân tạo (được chế tạo từ đất đá thải tại khu vực Quảng Ninh), kết hợp với tro bay nhà máy nhiệt điện, có thể nhận thấy hỗn hợp bê tông xi măng tạo ra có một số tính chất sau đây:

- Bê tông xi măng đạt trên mức thiết kế sau 28 ngày. Với hàm lượng tro bay 0% đạt 104,5% , hàm lượng tro bay 20% đạt 139% so với mức thiết kế 40 MPa.

- Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu ở độ tuổi 0 ngày và 28 ngày trên 2300 kg/m³.

- Bê tông xi măng có độ sụt ban đầu lần lượt theo hàm lượng tro bay 0% và 20% là 7 cm và 12 cm đảm bảo được việc sử dụng bê tông xi măng để chế tạo các cấu kiện phức tạp và có vị trí khó;

- Thời gian lan truyền xung siêu âm trung bì 5 lần đo tại các vị trí không cho sai khác quá nhiều cho thấy chất lượng, độ đồng nhất bê tông chế tạo từ cát nghiền nhân tạo đạt chất lượng cao, khi hàm lượng tro bay tăng lên cải thiện độ bền, độ sụt và độ đồng nhất của bê tông.

Kết quả của các thí nghiệm về kích thước mẫu, khối lượng thể tích, cường độ nén của mẫu bê tông sử dụng cát xay nhân tạo (sản phẩm tận thu) và xi măng, tro bay cho thấy cát nghiền từ mẫu đá thải mỏ và mẫu bê tông chế tạo từ sản phẩm tận thu có chỉ tiêu thí nghiệm đạt với yêu cầu TCVN 6477: 2016. Dựa trên các kết quả nghiên cứu thu được, cho thấy việc sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng và cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên là giải

pháp hiệu quả trong quá trình phát triển và quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên bền vững ở Việt Nam hiện nay.

4. KẾT LUẬN

Việc sử dụng đá thải từ khai thác mỏ để sản xuất vật liệu xây dựng không chỉ góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng, đá thải có tiềm năng lớn để sản xuất cát nhân tạo, gạch không nung, bê tông và làm vật liệu san nền. Các kết quả nghiên cứu và thí nghiệm đã cho thấy hỗn hợp bê tông xi măng tạo ra có độ bền nén mẫu sau 28 ngày đạt trên 55,6 MPa, khối lượng thể tích là 2,37 kg/m³, độ sụt là 12 cm, cấu trúc bê tông đồng nhất đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cơ bản. Do đó, hỗn hợp bê tông xi măng sử dụng cát xay nhân tạo và tro bay có thể được sử dụng để xây dựng các công trình dân dụng và hạ tầng. Các chính sách và chiến lược của Chính phủ và Bộ Xây dựng đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát triển vật liệu xây dựng từ phế thải, góp phần vào mục tiêu tăng trưởng xanh và phát triển bền vững của quốc gia. Tuy nhiên, để phát huy tối đa tiềm năng này, cần có sự đầu tư nghiên cứu và ứng dụng công nghệ một cách toàn diện hơn, đồng thời nâng cao nhận thức cộng đồng về lợi ích của việc sử dụng vật liệu xây dựng từ phế thải khai thác mỏ. Điều này sẽ không chỉ giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn tạo ra nhiều cơ hội kinh tế mới cho cộng đồng và các doanh nghiệp □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tổng Tôn Kiên (2019). *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN trọng điểm cấp Bộ Xây dựng*. Nghiên cứu hoàn thiện thiết bị và công nghệ chế tạo cát nghiền từ đá cát kết thu hồi tại các bãi thải khai thác than để sử dụng trong các công trình xây dựng. TĐ 144-17.
- [2]. Lê Văn Quang, Nguyễn Chí Dũng (2019). *Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ*. Xu hướng ứng dụng tro, xỉ nhiệt điện trong sản xuất vật liệu xây dựng. TP. Hồ Chí Minh, 5-17.
- [3]. Lê Văn Quang, Mai Ngọc Tâm, Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Ngọc Nam, Phạm Tuấn Anh và nnk (2019). *Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ*. Nghiên cứu, sử dụng tro bay nhiệt điện chế tạo vật liệu và giải pháp thi công lớp phủ chống phát tán ô nhiễm và cứng hóa cho các bãi chứa chất thải rắn công nghiệp, TP. Hồ Chí Minh, 51-52.
- [4]. Công ty CP Thương mại Dung Huy (2024). *Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ*. Nghiên cứu và hoàn thiện công nghệ sản xuất cát nghiền từ đất đá thải tại tỉnh Quảng Ninh, 30-33.
- [5]. Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (2022). *Văn bản số 5203/TKV-KCM ngày 15/11/2022 về việc công tác quản lý, sử dụng bãi thải của các đơn vị thuộc TKV trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh*.
- [6]. UBND tỉnh Quảng Ninh (2023). *Đề án tổng thể đảm bảo nguồn vật liệu san lấp trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh đến năm 2025, định hướng đến năm 2030*. Ban Cán sự Đảng UBND tỉnh Quảng Ninh. Tháng 4/2023.



EXPERIMENTAL USE OF ARTIFICIAL SAND FROM MINES WASTE ROCKS COMBINED WITH FLY ASH OF THERMAL POWER PLANT IN CONCRETE MANUFACTURING FOR CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF CIRCULATING ECONOMY

Nhan Thi Pham^{1,*}, Linh Chi Pham²

¹Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam

²Dung Huy Company, Ha Long, Quang Ninh, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 20/2/2025

Revised: 24/3/2025

Accepted: 05/4/2025

^{1,*} Corresponding author:

Email: phamthinhan@humg.edu.vn

ABSTRACT

The demand for energy to support construction and economic development has continuously driven an increase in mineral extraction. Along with this, the volume of waste generated has also risen, leading to serious environmental issues. In the era of the Fourth Industrial Revolution, promoting the development of a circular economy (CE) and a green economy with reduced greenhouse gas emissions has become a global trend in sustainable development, including in Vietnam. Therefore, in the mining process, instead of considering mine waste rock as a byproduct that needs disposal, efforts should be made to recycle and reuse this waste. Utilizing mine waste rock for building material production can significantly contribute to reducing greenhouse gas emissions through several mechanisms, such as minimizing natural resource extraction, saving energy in production, reducing emissions from waste treatment, lowering emissions from transportation, and enhancing resource efficiency to create new economic value. This paper synthesizes theoretical foundations and previous research results on the use of mine waste rock in construction material production. It also presents experimental results on manufacturing concrete samples using artificial sand (made from mine waste rock) and fly ash from thermal power plants. The compressive strength test results after 28 days indicate that the concrete achieved a compressive strength of over 55.6 MPa, a bulk density of 2.37 kg/m³, a slump of 12 cm, and a homogeneous concrete structure. These research findings highlight the great potential of using mine waste rock to produce construction materials, reducing environmental waste and contributing to sustainable development goals.

Keywords: Mine waste rock, artificial sand, fly ash concrete, TOFD, compressive strength

@ Vietnam Mining Science and Technology Association