



**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI**

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC THƯỜNG NIÊN NĂM 2025

PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THUYLOI UNIVERSITY

ISBN: 978-604-82-8713-9



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI, THÁNG 11 - 2025

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

**TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ
KHOA HỌC THƯỜNG NIÊN
NĂM 2025**

PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THUYLOI UNIVERSITY

HÀ NỘI, THÁNG 11 - 2025

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Tiểu ban: Cơ khí

1	Phân tích độ vòng của dầm sử dụng mạng nơ ron thông tin vật lý <i>Bùi Văn Tuyền</i>	3
2	Nghiên cứu xây dựng mô hình quản lý nhiệt trên xe ô tô điện bằng phần mềm MATLAB Simulink <i>Nguyễn Văn Kỵ, Nguyễn Anh Tuấn</i>	9
3	Nghiên cứu đặc tính lưu biến của chất nhầy chiết xuất từ cây lô hội (Aloe vera) <i>Nguyễn Ngọc Minh</i>	15
4	Nghiên cứu đồng bộ hai xy lanh thủy lực <i>Nguyễn Hữu Tuấn, Nguyễn Trọng Dũng</i>	21
5	Nghiên cứu, tính toán thời gian bay cho flycam chụp ảnh dựa trên các thông số của hệ thống đẩy <i>Nguyễn Đăng Tấn</i>	27
6	Ảnh hưởng của hiệu ứng kích thước micro tới ứng xử phi tuyến của dầm xoắn <i>Đặng Ngọc Duyên</i>	33
7	Mô hình hóa và điều khiển bám quỹ đạo cho QUAV sử dụng phương pháp điều khiển trượt bậc phân số <i>Nguyễn Huy Thế, Nguyễn Văn Ninh</i>	39
8	Dao động tự do của dầm FGM có tính chất phụ thuộc vào nhiệt độ với vị trí chính xác của trục trung hoà <i>Nguyễn Ngọc Huyền, Nguyễn Tiến Khiêm</i>	45
9	Chế tạo, lập trình cánh tay robot điều khiển bằng giọng nói <i>Vũ Ngọc Thương</i>	51
10	Tối ưu hệ số cản nhớt của giảm chấn hệ thống treo bằng thuật toán bầy đàn (PSO) <i>Nguyễn Đức Ngọc, Nguyễn Ngọc Trâm, Đặng Ngọc Duyên, Nguyễn Tuấn Anh</i>	55
11	Xác định ma trận tham số nội tại và ma trận tham số ngoại của camera bằng biến đổi tuyến tính trực tiếp <i>Nguyễn Tuấn Anh</i>	61
12	Thiết kế và tối ưu hình dạng phao nổi cho máy phát điện năng lượng sóng biển <i>Trang Thành Trung</i>	67
13	Điều khiển cánh tay robot bốn bậc tự do bằng giọng nói với Raspberry Pi <i>Triệu Thị Minh Thu</i>	73
14	Xác định chiều sâu ảnh đơn sử dụng mạng nơ-ron tích chập <i>Nguyễn Huy Thế, Nguyễn Tuấn Anh</i>	78
15	Thiết kế máy phát điện năng lượng sóng biển dựa trên nguyên lý hệ hấp thụ tuyến tính <i>Trang Thành Trung</i>	83

Tiểu ban: Công trình

33	Nghiên cứu chế tạo bê tông xanh sử dụng chất kết dính không xi măng và khả năng thương mại sản phẩm <i>Tăng Văn Lâm, Phạm Quang Đạo, Trần Thị Kim Phụng, Nguyễn Đình Trinh</i>	193
34	Tính toán sức chịu tải nền móng nông theo TCVN 9362:2012 và TCVN 4253:2022 <i>Phạm Ngọc Thịnh</i>	199
35	Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD mô phỏng ngập lụt ở vùng hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai <i>Phan Khanh Khánh</i>	205
36	Đánh giá ổn định mái dốc đập đất theo TCVN 8216, QCVN 04-05 và Eurocode 7 <i>Phạm Ngọc Thịnh, Lê Hồng Phương, Nguyễn Hoàng Phương Thảo, Nguyễn Thị Mai Sương</i>	211
37	Ảnh hưởng của sức kháng cắt đến vị trí cung trượt tới hạn trong phân tích ổn định mái dốc <i>Phạm Ngọc Thịnh</i>	217
38	Ảnh hưởng của hàm lượng tro xỉ nhiệt điện Hải Dương thay thế cát tự nhiên đến các tính chất của bê tông <i>Nguyễn Việt Đức</i>	223
39	Mô hình biến đổi đường bờ Shoreline-S và ứng dụng trong đánh giá hiệu quả của các giải pháp bảo vệ, chống xói lở dựa vào tự nhiên - áp dụng cho bờ biển thành phố Đà Nẵng <i>Thiều Quang Tuấn</i>	229
40	Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố rủi ro đến hiệu quả dự án xây dựng tại Việt Nam <i>Diệp Trương Minh Triệu, Vũ Viết Hải, Lê Trung Thành, Phan Khanh Khánh</i>	235
41	Hiện tượng trương nở bê tông do phản ứng kiềm-silic và các giải pháp phòng ngừa, khắc phục <i>Nguyễn Thị Huệ, Vũ Hải Hà</i>	241
42	Tính toán gia cường cột bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm bé được mở rộng tiết diện vùng nén <i>Đoàn Xuân Quý</i>	247
43	Nghiên cứu ứng dụng kết cấu dầm U bê tông cốt thép dự ứng lực nhịp liên tục trong kết cấu cầu vượt đô thị <i>Đặng Việt Đức</i>	253
44	Ứng dụng công nghệ số trong quản lý nhu cầu giao thông đô thị: Tiềm năng và định hướng cho Hà Nội <i>Trịnh Đình Toán</i>	259
45	Đánh giá hiệu quả kinh tế - xã hội trong đầu tư công trình giao thông: Khung lý thuyết, thực tiễn và đề xuất chính sách <i>Trịnh Đình Toán</i>	265
46	Solutions of erosion prevention for the mountainous areas of Vietnam <i>HIRAHARA Naoyuki, Nguyễn Hữu Phương, Lê Bá Vinh, Tô Lê Hương</i>	271
47	Phân tích ổn định của nền đường quốc lộ 91B trên nền đất yếu được xử lý bằng bác thấm <i>Lê Bá Vinh, Nguyễn Văn Thành, Tô Lê Hương</i>	277

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG XANH SỬ DỤNG CHẤT KẾT DÍNH KHÔNG XI MĂNG VÀ KHẢ NĂNG THƯƠNG MẠI SẢN PHẨM

Tăng Văn Lâm¹, Phạm Quang Đạo¹, Trần Thị Kim Phụng¹, Nguyễn Đình Trinh²

¹Trường Đại học Mỏ-Địa chất, email: lamvantang@gmail.com

²Trường Đại học Thủy lợi

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Theo nghiên cứu [1], bê tông xanh được hiểu là chủng loại bê tông được nghiên cứu và phát triển nhằm giảm thiểu tác động xấu đến môi trường, đồng thời nâng cao tính bền vững cho các công trình xây dựng. Điểm nổi bật của bê tông xanh là sử dụng khối lượng lớn phế thải rắn công nghiệp để thay thế một phần hoặc toàn bộ xi măng Portland truyền thống. Với hướng nghiên cứu này, sản phẩm bê tông xanh không chỉ giúp tiêu thụ, tái sử dụng nguồn phế thải rắn, giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn góp phần tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là đá vôi và đất sét.

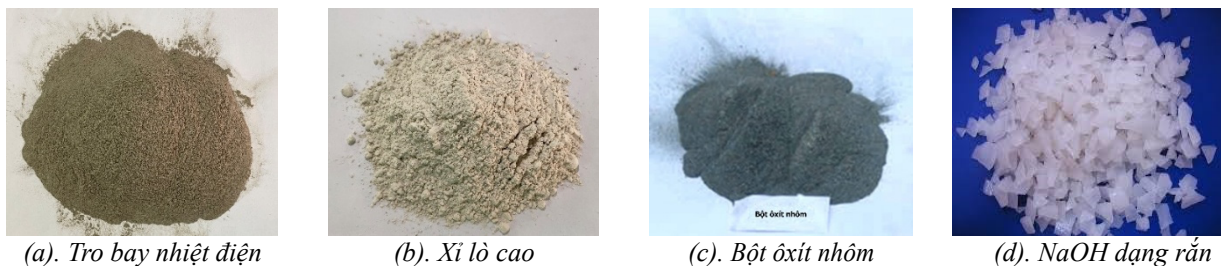
Trong bối cảnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa đang diễn ra mạnh mẽ trên mọi lĩnh vực tại Việt Nam, nhu cầu sử dụng các vật liệu như gang, thép, hợp kim và đặc biệt là năng lượng từ nhiệt điện đốt than không ngừng gia tăng. Điều này đã kéo theo hệ quả tất yếu là lượng phế thải công nghiệp – đặc biệt là tro bay từ các nhà máy nhiệt điện và xỉ lò cao từ quá trình luyện kim – ngày càng gia tăng một cách đáng kể [2]. Hiện nay, tro bay nhiệt điện và xỉ luyện gang thép được xem là hai trong số những loại chất thải rắn phức tạp, khó xử lý và có khối lượng phát sinh lớn nhất trên toàn cầu. Nếu không được xử lý, tái sử dụng hoặc tái chế một cách hợp lý, những loại chất thải này có thể gây ra những tác động tiêu cực nghiêm trọng đến môi trường sống, làm ô nhiễm nguồn đất, nước, không khí, phá vỡ cân bằng hệ sinh thái và ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của cộng đồng dân cư [3].

Trước thực trạng đó, Việt Nam trong những năm gần đây đã có nhiều nỗ lực nhằm tìm kiếm giải pháp tái chế và tái sử dụng hiệu quả các loại phế thải công nghiệp, đặc biệt là tro bay và xỉ luyện kim. Một số công trình nghiên cứu, mô hình thử nghiệm cũng như chính sách hỗ trợ của Nhà nước đã được triển khai để đưa các loại chất thải này trở thành nguyên liệu đầu vào cho ngành vật liệu xây dựng [4, 5]. Tuy nhiên, trên thực tế, việc ứng dụng rộng rãi các giải pháp này vẫn còn gặp nhiều hạn chế, do những nguyên nhân như chất lượng vật liệu chưa đồng đều, công nghệ xử lý còn thiếu đồng bộ, thiếu cơ chế khuyến khích doanh nghiệp tham gia, hoặc chi phí đầu tư ban đầu cao. Nhiều bãi chứa tro xỉ tại các nhà máy đã gần đạt đến giới hạn lưu trữ, trong khi lượng phát sinh chất thải vẫn tiếp tục tăng mạnh hàng năm [6, 7]. Cùng với đó, việc đầu tư sản xuất quá nhiều các nhà máy xi măng Portland – vốn tiêu tốn nhiều năng lượng và tài nguyên thiên nhiên – đã góp phần gia tăng phát thải khí nhà kính và đẩy nhanh quá trình suy giảm tài nguyên thiên nhiên.

Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn đó, nghiên cứu này thực hiện với mục tiêu phát triển một loại vật liệu xây dựng mới – bê tông xanh không xi măng – nhằm thay thế một phần hoặc hoàn toàn cho bê tông xi măng truyền thống. Bằng cách tận dụng tro bay Nhà máy Nhiệt điện Phả Lại và xỉ lò cao từ Tập đoàn Hòa Phát, kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa gồm NaOH 12M và Na₂SiO₃ (với mô đun silic 2,50). Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát các tổ hợp phối liệu, trong đó tỷ lệ giữa tro bay và xỉ lò cao được điều chỉnh từ 80/20 đến 20/80. Đồng thời, tỷ lệ giữa dung dịch kiềm hoạt hóa với hỗn hợp alumino-silicat cũng được cố định ở mức 0,35 để đánh giá tính chất cơ lý của sản phẩm. Những kết quả thu được cho thấy triển vọng tái sử dụng triệt để hơn nữa các nguồn chất thải rắn công nghiệp để chế tạo sản phẩm bê tông xanh với thành phần chất kết dính không chứa xi măng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng



Hình 1. Các loại vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.1.1. Vật liệu Alumino-silicat

Vật liệu alumino-silicat (ALS) sử dụng trong nghiên cứu bao gồm tro bay loại F thu từ Nhà máy nhiệt điện Phả Lại, xi lò cao nghiền mịn S95 mua của Khu liên hợp gang thép Hòa Phát và bột ôxit nhôm $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Tro bay nhà máy nhiệt điện Phả Lại được sử dụng đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 [8]. Tro bay sử dụng có tổng thành phần các ôxit $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 75\%$ và tỷ diện bề mặt riêng của tro bay khoảng $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Xi lò cao nghiền mịn S95 Hòa Phát đạt yêu cầu theo TCVN 11586:2016 [9]. Xi lò cao sử dụng có tổng thành phần các ôxit $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{SiO}_2 = 72\%$; tỷ diện bề mặt riêng của tro bay khoảng $4200 \text{ cm}^2/\text{g}$ và chỉ số hoạt tính cường độ trung bình đạt khoảng 95,5%.

Bên cạnh đó, bột ôxit nhôm có khối lượng riêng khoảng $3,95 \text{ g/cm}^3$ được bổ sung với hàm lượng khoảng 1,0% nhằm nâng cao cường độ của sản phẩm bê tông xanh sau khi tạo hình. Đồng thời, thành phần bột ôxit nhôm còn góp phần hạn chế hiện tượng rêu mốc bề mặt trong quá trình bảo dưỡng. Tỷ lệ phối trộn giữa tro bay và xi lò cao được khảo sát trong nghiên cứu này khoảng từ 80/20 đến 20/80.

2.1.2. Dung dịch hoạt hóa

Dung dịch hoạt hóa (DDHH) trong nghiên cứu được pha trộn từ hai thành phần là dung dịch natri hydroxit (NaOH) với nồng độ 12 mol/lít và dung dịch natri silicat (Na_2SiO_3) có mô đun silic $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ bằng 2,50. Đây là hệ dung dịch kiềm mạnh, có khả năng phá vỡ liên kết tinh thể ban đầu trong vật liệu alumino-silicat và kích thích quá trình geopolymer hóa. Trong đó, NaOH đảm nhiệm vai trò khởi động phản ứng hóa học, còn Na_2SiO_3 đóng vai trò bổ sung SiO_2 , giúp phát triển mạng lưới gel alumino-silicat ổn định và nâng cao khả năng chịu lực, khả năng chống thấm cho sản phẩm.

2.1.3. Cốt liệu nhỏ

Trong phạm vi nghiên cứu, không sử dụng cốt liệu lớn, thành phần cốt liệu trong bê tông xanh chỉ sử dụng cát vàng sông Lô loại hạt thô và thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCVN 7570:2006 [10]. Cát vàng sông Lô có kích thước hạt từ 0,15-5,0 mm; mô đun độ lớn $M_{d1} = 3,0$; khối lượng riêng và khối lượng thể tích xấp xỉ tự nhiên của cát vàng sông Lô có giá trị lần lượt là $2,65 \text{ g/cm}^3$ và 1550 kg/m^3 .

2.1.4. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo SR 5000F «SilkRoad» được sử dụng nhằm nâng cao độ linh động của hỗn hợp bê tông, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác đổ khuôn và tạo hình. Phụ gia có khối lượng riêng $1,12 \text{ g/cm}^3$, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN 8826:2024 [11]. Phụ gia siêu dẻo giúp cải thiện độ chảy xèo mà không làm ảnh hưởng đến quá trình đông kết và cường độ cuối cùng của sản phẩm.

2.1.5. Nước sạch (N)

Nước sạch được sử dụng với hai mục đích chính: (1) hòa tan và pha chế dung dịch kiềm hoạt hóa, và (2) bảo dưỡng mẫu sau khi tạo hình. Nước sử dụng trong nghiên cứu phải đảm bảo yêu cầu của TCVN 4506:2012 [12], không chứa các tạp chất gây ảnh hưởng đến phản ứng hóa học hoặc làm biến đổi tính chất của vật liệu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, phương pháp nghiên cứu được thực hiện theo các tiêu chuẩn kỹ thuật quy định như sau:

Đầu tiên, thành phần hỗn hợp bê tông không xi măng được tính toán và xác định dựa trên phương pháp thể tích tuyệt đối, kết hợp với việc điều chỉnh các tỷ lệ vật liệu thông qua các thí nghiệm tại phòng thí nghiệm. Bên cạnh đó, tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định thông qua việc đo độ xòe của côn vữa hình nón cụt tiêu chuẩn với kích thước 100x70x60 mm theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 3121-3:2022 [13].

Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được xác định theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 3121-6:2022, giúp đánh giá tính chắc đặc của hỗn hợp bê tông. Sau khi bê tông cứng rắn, khối lượng thể tích của mẫu bê tông được xác định bằng phương pháp cân mẫu và đo thể tích trực tiếp của mẫu thí nghiệm, theo quy định tại tiêu chuẩn TCVN 3121-10:2022.

Để đánh giá các tính chất cơ học của mẫu bê tông, cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của các mẫu bê tông thí nghiệm được xác định dựa trên các quy định tại tiêu chuẩn TCVN 3121-11:2022.

2.3. Xác định thành phần cấp phối và quá trình của hỗn hợp bê tông không xi măng

Tính toán theo phương pháp thể tích tuyệt đối dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu đã lựa chọn và hiệu chỉnh cấp phối phù hợp với các tính chất của vật liệu sử dụng, nghiên cứu khảo sát 04 cấp phối của hỗn hợp bê tông xanh có thành phần như trong Bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối sơ bộ cho 1 m³ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng

STT	Ký hiệu mẫu	TB/Xi	ALS (kg)	Al ₂ O ₃ (kg)	TB (kg)	Xi (kg)	C (kg)	SD (kg)	DDHH (kg)		Nước (kg)	Nước/Rắn
									NaOH	Na ₂ SiO ₃		
1	BTX-01	80/20	834	-	584	250	1085	8,3	95	238	196	0,205
2	BTX-02	60/40	840	8,4	504	336	1095	8,4	96	240	197	0,205
3	BTX-03	40/60	846	8,5	423	423	1100	8,5	97	242	198	0,205
4	BTX-04	20/80	852	8,5	341	511	1110	8,5	97	243	201	0,205

trong đó: Thành phần “rắn” gồm hỗn hợp tro bay (TB), xỉ lò cao (Xi); Al₂O₃ và phần rắn của dung dịch hoạt hóa (NaOH và Na₂SiO₃).

2.4. Điều kiện bảo dưỡng mẫu

Trong nghiên cứu này, các mẫu thí nghiệm bê tông xanh thí nghiệm được tĩnh định sau 24 giờ trong khuôn đúc. Sau đó các mẫu thử được tháo khuôn và đưa đi sấy trong tủ sấy ở 50-80°C trong vòng từ 1,0 đến 2,0 giờ. Tiếp sau đó, mẫu được đưa đi bảo dưỡng trong môi trường nước ở nhiệt độ phòng thí nghiệm (ở 25 ± 2)°C cho đến các tuổi thí nghiệm yêu cầu.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông xanh sử dụng chất kết dính không xi măng

Thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành, đã xác định khối lượng thể tích và độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông xanh, kết quả thu được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Khối lượng thể tích và độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông không xi măng

STT	Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ vật liệu sử dụng		Khối lượng thể tích (kg/m ³)	Độ chảy xòe (cm)
		TB/Xi	DDHH/ALS		
1	BTX-01	80/20	0,35	2235	23
2	BTX-02	60/40		2264	22
3	BTX-03	40/60		2282	21,5
4	BTX-04	20/80		2340	20

Từ số liệu trong Bảng 2 cho thấy, khi thay đổi tỷ lệ tro bay/xỉ luyện kim từ 80/20 đến 20/80 thì tính công tác của hỗn hợp bê tông thay đổi đáng kể. Độ xòe ngay sau khi nhào trộn của hỗn hợp bê tông giảm từ 23 cm xuống 20 cm. Bên cạnh đó, tỷ lệ 1% bột Al₂O₃ không ảnh hưởng đáng kể

đến tính công tác của hỗn hợp bê tông sau khi nào trộn. Hỗn hợp thu được có tính công tác tốt hơn bê tông xi măng truyền thống mặc dù với tỷ lệ Nước/Rắn = 0,205. Điều này được giải thích một phần do thành phần không sử dụng xi măng, lượng nước không bị mất do xi măng thủy hóa, đồng thời do tác động tương hỗ của phụ gia siêu dẻo SR 5000F và hỗn hợp bê tông không có cốt liệu lớn, nên hỗn hợp sau khi nhào trộn có độ dẻo cao, độ đồng nhất tốt, không có hiện tượng phân tầng tách lớp giữa các thành phần trong hỗn hợp bê tông.

Hơn nữa, giá trị độ chảy xòe trung bình của hỗn hợp bê tông xanh thay đổi lớn khi hàm lượng xỉ lò cao tăng từ 20% đến 80% trong thành phần cấp phối. Điều này được giải thích bởi xỉ có hiệu ứng thủy lực với nước ở nhiệt độ thường [7, 14]. Chính vì hiệu ứng thủy lực này đã sử dụng một lượng nước để thủy hóa, dẫn đến lượng nước dùng để tạo ra tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm, kết quả là độ xòe trung bình đã giảm từ 23 cm (Mẫu có 20% xỉ lò cao) xuống 20 cm (Mẫu có 80% xỉ lò cao) (Hình 2).



Hình 2. Xác định độ xòe của hỗn hợp bê tông xanh trong côn tiêu chuẩn

Ngoài ra, khối lượng thể tích của hỗn hợp chất kết dính được xác định theo phương pháp tiêu chuẩn trong thùng đong có thể tích 1 lít. Giá trị khối lượng thể tích trung bình của hỗn hợp chất kết dính không xi măng vào khoảng 2,28 tấn/m³, giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xi măng truyền thống. Điều này được giải thích là do trong thành phần không có cốt liệu lớn và khối lượng riêng của tro xỉ trong hỗn hợp bê tông này đều nhỏ hơn khối lượng riêng của xi măng.

3.2. Tính chất cơ lý của sản phẩm bê tông xanh không xi măng sau khi rắn chắc

Trong giới hạn của nghiên cứu này, tính chất cơ lý của bê tông xanh được khảo sát gồm: Khối lượng thể tích, cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày. Kết quả thực nghiệm được trình bày trên Bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ lý của mẫu bê tông xanh sau khi rắn chắc

STT	Tính chất của bê tông xanh	Các mẫu bê tông xanh thí nghiệm			
		BTX-01	BTX-02	BTX-03	BTX-04
1	Khối lượng thể tích ở tuổi 28 ngày (kg/m ³)	2205	2240	2258	2297
2	Cường độ kéo khi uốn ở tuổi 28 ngày (MPa)	4,85	5,20	5,39	5,70
3	Cường độ nén ở tuổi 28 ngày (MPa)	41,0	47,5	50,9	54,5
4	Hiện tượng rêu mốc trên bề mặt sau 28 ngày	Có	Không	Không	Không

Từ Bảng 3 cho thấy rằng, ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và xỉ luyện kim đến cường độ của bê tông xanh là đáng kể. Cả 04 cấp phối bê tông xanh không chứa xi măng đều có giá trị cường độ nén trung bình đạt trên 40 MPa tại tuổi 28 ngày, vượt mục tiêu thiết kế về cường độ nén đề ra.

Tuy nhiên, tỷ số cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của các mẫu thí nghiệm dao động khoảng 1/8÷1/11. Tỷ số này tương đồng so với bê tông xi măng truyền thống. Điều này cho thấy giá trị cường độ kéo khi uốn của loại bê tông này tuy được gia tăng nhưng tỷ số cường độ kéo/cường độ nén thay đổi không đáng kể [14, 15].

Mặt khác, khối lượng thể tích trung bình của các mẫu thí nghiệm sau khi rắn chắc 28 ngày được xác định ở trạng thái bão hòa nước khô mặt là 2,25 tấn/m³. Từ giá trị khối lượng thể tích này có thể khẳng định loại bê tông xanh không xi măng được xếp vào loại đá nhân tạo tương đối nặng, giá trị này đã giảm được khoảng 5÷10% so với khối lượng thể tích của bê tông truyền thống. Mặt khác, với mẫu bê tông xanh không sử dụng Al₂O₃ thì sản phẩm sau khi tạo hình và tĩnh định 28 ngày có xuất hiện rêu mốc trên bề mặt, nhưng các mẫu thí nghiệm có sử dụng 1% Al₂O₃ thì hiện tượng rêu mốc đã giảm đi đáng kể, thậm trí không còn rêu mốc.

3.3. Phát triển mô hình sản xuất gạch không nung từ hỗn hợp bê tông xanh tạo sinh kế và giảm nghèo bền vững tại tỉnh Nghệ An

Hiện nay, hướng phát triển thương mại hóa sản phẩm bê tông xanh đó là sử dụng hỗn hợp bê tông xanh để chế tạo các sản phẩm gạch xây, gạch trang trí, gạch ốp lát dùng trong xây dựng các công trình xây dựng. Hướng đi này sẽ góp phần phát triển các mô hình sinh kế, tạo việc làm, giảm nghèo bền vững cho các hộ nghèo, hộ cận nghèo, hộ mới thoát nghèo của các vùng nông thôn khó khăn. Dự án sản xuất gạch không nung từ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng được triển khai từ tháng 8/2023 theo Chương trình mục tiêu Quốc gia giảm nghèo bền vững. Dự án kéo dài trong 3 năm từ năm 2023 đến năm 2025. Dự án này nhằm mục đích thay bê tông xi măng truyền thống bằng các loại bê tông “xanh” để sản xuất gạch xây, gạch ốp lát vỉa hè, các sản phẩm bê tông trang trí từ hỗn hợp bê tông không xi măng.

Nhà máy đã được xây dựng từ tháng 10/08/2023 và đã hoàn thành lắp đặt hệ thống sản xuất sản phẩm vào ngày 08/12/2023 tại huyện Yên Thành - Nghệ An (Hình 3). Đến nay đề án đã triển khai được hai mô hình: i)- Mô hình 2023: “Sản xuất sản phẩm gạch xây và block gạch xây không nung từ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng” và ii)- Mô hình 2024: “Sản xuất sản phẩm gạch ốp lát vỉa hè từ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng”.



Hình 3. Thiết bị sản xuất và vật liệu tại nhà xưởng sản xuất trong đề án giảm nghèo 2023-2024

Hệ thống hoạt động từ ngày 10/12/2023 đã sản xuất được 10.000.000 viên gạch xây không nung với kích thước tiêu chuẩn. Sản phẩm đã được nhiều bà con mua tại xưởng sản xuất để phục vụ công việc xây dựng trong gia đình, được chuyển đến một số cửa hàng, đại lý bán vật liệu xây dựng để bán ra thị trường với số lượng lớn hơn.

Bên cạnh đó, Công ty Cổ phần sản xuất và kinh doanh vật liệu xây dựng Hoàng Hưng đã có cam kết hỗ trợ người dân bao tiêu sản phẩm gạch xây và block gạch xây không nung ra thị trường, giúp các gia đình tham gia vào dự án tăng thêm thu nhập và từng bước thoát nghèo bền vững.



Hình 4. Đoàn chuyên gia của Bộ Giáo dục và Đào tạo về kiểm tra quá trình thực hiện đề án giảm nghèo 2023-2024

Hiện tại, giá thành sản phẩm gạch xây không nung từ bê tông xanh đang được bán với giá khoảng 700÷900 đồng/viên, thấp hơn đáng kể so với gạch xi măng-cát-đá mật (giá từ 1.000÷1.500 đồng/viên). Trong tháng 12/2024 đoàn chuyên gia đánh giá của Bộ Giáo dục và Đào tạo đã về địa phương để kiểm tra quá trình triển khai và vận hành mô hình này (Hình 4). Kết quả kiểm tra, Bộ Giáo dục và Đào tạo đánh giá rất cao sản phẩm và sự phát triển của mô hình [16]. Với kết quả đã đạt được của mô hình này, hi vọng trong thời gian tới sản phẩm gạch xây không nung từ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng sẽ tiếp tục được đầu tư, phát triển và nhân rộng ra nhiều khu vực nông thôn điều kiện kinh tế khó khăn để tạo ra sinh kế và thoát nghèo bền vững.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả thực nghiệm cùng nguồn nguyên liệu và phế thải sẵn có trong nước như tro bay nhiệt điện Phả Lại, xỉ lò cao Hòa Phát, ôxít nhôm (Al_2O_3), cát vàng sông Lô, dung dịch kiềm hoạt hóa ($NaOH$ 12M và Na_2SiO_3 với mô đun silic 2,50) và phụ gia siêu dẻo SR 5000F «SilkRoad»,

nghiên cứu đã chế tạo thành công bê tông xanh hoàn toàn không sử dụng xi măng. Loại bê tông này có độ chảy xòe trong côn vừa đạt từ 20 đến 23 cm, cường độ nén dao động từ 41,0 đến 54,5 MPa và cường độ kéo khi uốn từ 4,85 đến 5,70 MPa tại tuổi 28 ngày – hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật trong xây dựng dân dụng và công nghiệp tại Việt Nam.

Kết quả cũng cho thấy, khối lượng thể tích trung bình của hỗn hợp bê tông ở trạng thái dẻo là 2,28 tấn/m³, sau khi rắn chắc ở tuổi 28 ngày đạt khoảng 2,25 tấn/m³. So với bê tông xi măng truyền thống, loại bê tông xanh này nhẹ hơn khoảng 5÷10%, góp phần giảm tải trọng công trình, tiết kiệm vật liệu kết cấu và nâng cao hiệu quả thi công. Mặt khác, các mẫu không chứa bột ôxít nhôm có xuất hiện hiện tượng rêu mốc bề mặt khi bảo quản trong điều kiện thường, trong khi các mẫu có bổ sung 1% Al₂O₃ cho thấy bề mặt ổn định, không xuất hiện rêu mốc – mở ra hướng kiểm soát chất lượng và độ bền thẩm mỹ của sản phẩm trong thực tế.

Đặc biệt, gạch xây không nung sản xuất từ hỗn hợp bê tông xanh không xi măng hiện đang được thương mại hóa với giá thành chỉ từ 700 đến 900 đồng/viên – rẻ hơn đáng kể so với gạch xi măng–cát–đá mặt truyền thống (1.000÷1.500 đồng/viên). Việc triển khai mô hình này không chỉ tận dụng hiệu quả các phế thải công nghiệp, mà còn mở ra cơ hội phát triển sinh kế, tạo việc làm và giảm nghèo bền vững cho người dân ở các vùng nông thôn khó khăn.

Với những kết quả tích cực cả về mặt kỹ thuật, môi trường và kinh tế, sản phẩm bê tông xanh không xi măng xứng đáng được tiếp tục nghiên cứu, đầu tư và nhân rộng trong tương lai, góp phần thúc đẩy ngành vật liệu xây dựng theo hướng bền vững và thân thiện với môi trường.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Chí Nhân, Phạm Hữu Hanh. Nghiên cứu khả năng chế tạo bê tông xanh bền xâm thực sử dụng cốt liệu nhiễm mặn ứng dụng trong xây dựng hạ tầng ven sông – biển khu vực Tây Nam Bộ. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, số 04 (2025).
- [2] Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân. Ảnh hưởng của độ mịn xi lò cao đến cường độ bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa. Tạp chí KH&CN Thủy lợi số 61, trang 16-23, 2020.
- [3] Nguyễn Thắng Xiêm (2013). Khả năng ứng dụng tro bay làm phụ gia trong vữa và bê tông trên nền geopolymer. tập chí khoa học – công nghệ thủy sản. Số 1/2013.
- [4] Thủ tướng Chính phủ (2017). Đề án đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong các công trình xây dựng, theo Quyết định 426/QĐ-TTg ngày 12/04/2017.
- [5] Thủ tướng Chính phủ (2021). Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong các công trình xây dựng, theo Chỉ thị số 08/TC-TTg ngày 26/03/2021.
- [6] 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.
- [7] Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diễm, Bulgakov B.I. (2021). Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện với xỉ lò cao để chế tạo bê tông xanh không xi măng. Tạp chí Xây dựng, 10/2021. Trang 183-190.
- [8] TCVN 10302:2014. Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng.
- [9] TCVN 11586:2016. Xi hạt lò cao nghiền mịn cho bê tông và vữa xây dựng.
- [10] TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật. 2006.
- [11] TCVN 8826:2024. Phụ gia hoá học cho bê tông.
- [12] TCVN 4506:2012. Nước trộn bê tông và vữa. Yêu cầu kỹ thuật.
- [13] TCVN 3121-1-11:2022. Vữa xây dựng - Phương pháp thử.
- [14] Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Ву Ким Зиен, Булгаков Б.И., Баженова С.И., 2021. Геополимерный бетон с использованием многотоннажных техногенных отходов. Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11. Вып. 2.
- [15] Sarker. P., A constitutive model for fly ash based Geopolymer concrete. Architecture Civil Engineering Environment. 2008.
- [16] Trường Đại học Mở - Địa chất nghiên cứu và sản xuất bê tông “xanh”. <https://giaoducthoidai.vn/truong-dai-hoc-mo-dia-chat-nghien-cuu-va-san-xuat-be-tong-xanh-post714547.html>.