

## Khả năng sử dụng bê tông xanh và kính phế thải để chế tạo sản phẩm trang trí truyền sáng

Tăng Văn Lâm<sup>1\*</sup>, Nguyễn Việt Thắng<sup>1</sup>, Trần Thị Kim Phụng<sup>1</sup>, Phạm Quang Đạo<sup>1</sup>, Vũ Văn Luyện<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

### TỪ KHOÁ

Bê tông xanh không xi măng  
Kính phế thải  
Sản phẩm trang trí  
Khả năng truyền sáng

### TÓM TẮT

Sự gia tăng nhanh chóng lượng phế thải phát sinh hằng năm tại Việt Nam đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc phát triển và ứng dụng các loại vật liệu xây dựng bền vững. Nghiên cứu này đánh giá khả năng sử dụng bê tông xanh không xi măng từ tro bay nhiệt điện và xi lò cao, kết hợp kính phế thải để chế tạo sản phẩm trang trí truyền sáng. Bốn cấp phối được thiết kế với hàm lượng kính phế thải từ 5% đến 20% nhằm phân tích ảnh hưởng đến tính công tác, tính chất cơ lý và khả năng truyền sáng. Kết quả cho thấy khi hàm lượng kính tăng, độ xòe của hỗn hợp giảm từ 25,0 cm xuống 19,5 cm, trong khi khối lượng thể tích tăng từ 2060 kg/m<sup>3</sup> lên 2150 kg/m<sup>3</sup>. Ở tuổi 28 ngày, cường độ nén đạt 40,8–50,7 MPa, cường độ kéo uốn trên 5,0 MPa và khả năng truyền sáng tăng từ 11,8% lên 20,5%. Sản phẩm vừa đảm bảo yêu cầu cơ học, vừa tạo hiệu ứng ánh sáng khuếch tán phù hợp cho trang trí nội, ngoại thất. Việc tận dụng phế thải công nghiệp góp phần giảm tiêu thụ tài nguyên và phát thải CO<sub>2</sub> cho thấy tiềm năng ứng dụng của vật liệu trong lĩnh vực trang trí kiến trúc bền vững.

### KEYWORDS

Cement-free green concrete  
Waste glass  
Decorative products  
Light transmittance

### ABSTRACT

The amount of waste generated annually in Vietnam is continuously increasing, while the demand for sustainable construction materials is becoming increasingly urgent. This study evaluates the feasibility of using cement-free green concrete made from fly ash, ground granulated blast furnace slag and waste glass to produce translucent decorative products. Four mix proportions were designed with waste glass contents ranging from 5% to 20% to investigate their effects on workability, mechanical properties and light transmittance. The results show that as the waste glass content increased, the flow diameter of the fresh mixture decreased from 25,0 cm to 19,5 cm, while the bulk density increased from 2060 kg/m<sup>3</sup> to 2150 kg/m<sup>3</sup>. At 28 days, the compressive strength ranged from 40,8 to 50,7 MPa, the flexural tensile strength exceeded 5,0 MPa and the light transmittance increased from 11,8% to 20,5%. The product satisfies mechanical requirements while providing a soft diffused lighting effect suitable for interior and exterior decorative applications. The utilization of industrial waste materials contributes to reducing natural resource consumption and CO<sub>2</sub> emissions, demonstrating the potential of this material for sustainable architectural decoration.

### 1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, phát triển vật liệu xây dựng xanh và thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn đã trở thành định hướng quan trọng của nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam, nhằm giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên và hạn chế ô nhiễm môi trường. Ngành sản xuất vật liệu xây dựng, đặc biệt là xi măng và bê tông truyền thống, được xem là một trong những nguồn phát thải CO<sub>2</sub> lớn, đồng thời tiêu thụ khối lượng lớn tài nguyên khoáng sản không tái tạo [1]. Trước bối cảnh đó, việc nghiên cứu các loại bê tông xanh sử dụng chất kết dính không xi măng hoặc giảm hàm lượng xi măng, kết hợp tái sử dụng các loại phế thải công nghiệp như tro bay nhiệt điện, xỉ luyện kim đang trở thành tâm điểm nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn [2,3].

Song song với vấn đề phát thải từ vật liệu xây dựng truyền thống, lượng kính phế thải phát sinh từ hoạt động xây dựng, cải tạo công trình và tiêu dùng đô thị ngày càng gia tăng, đặc biệt tại các đô thị lớn. Với đặc tính khó phân hủy sinh học, kính phế thải nếu không được tái chế hiệu quả sẽ tạo ra gánh nặng lớn cho công tác quản lý chất thải rắn và gây tác động tiêu cực đến môi trường [4]. Tuy nhiên, với đặc tính ổn định hóa học, độ bền cao và khả năng truyền sáng tốt, kính phế thải có tiềm năng lớn để tái sử dụng như một loại vật liệu chức năng trong các sản phẩm xây dựng và trang trí, thay vì chỉ dừng lại ở vai trò phế thải cần xử lý.

Trong lĩnh vực kiến trúc và trang trí nội, ngoại thất, các vật liệu truyền sáng như kính nghệ thuật, đá xuyên sáng hoặc các vật liệu hỗn hợp đặc biệt đang ngày càng được ưa chuộng nhờ khả năng tạo hiệu ứng ánh sáng và giá trị thẩm mỹ cao. Tuy nhiên, phần lớn các sản phẩm

\*Liên hệ tác giả: lamvantang@gmail.com

Nhận ngày 12/02/2026, sửa xong ngày 24/02/2026, chấp nhận đăng ngày 25/02/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1252>

này hiện nay có giá thành cao, quy trình sản xuất tiêu tốn nhiều năng lượng và chưa thực sự thân thiện với môi trường. Trong khi đó, các nghiên cứu về bê tông truyền sáng hoặc bê tông sử dụng cốt liệu kính chủ yếu tập trung vào các cấu kiện kiến trúc hoặc tấm ốp quy mô lớn, còn thiếu các nghiên cứu hướng tới những sản phẩm trang trí có kích thước vừa và nhỏ, đòi hỏi đồng thời các yêu cầu về cơ học, truyền sáng và giá trị thẩm mỹ [5].



a - Đèn hộp trang trí                      b - Tấm vách trang trí  
**Hình 1.** Một số sản phẩm trang trí được làm từ kính phế thải.

Đặc biệt, đối với các sản phẩm trang trí truyền sáng, vật liệu không chỉ cần đảm bảo độ bền và tính ổn định trong quá trình sử dụng mà còn phải đảm bảo tính đồng nhất về phân bố cường độ sáng, tạo hiệu ứng thị giác hài hòa và phù hợp với không gian nội, ngoại thất. Việc kết hợp bê tông xanh với kính phế thải để chế tạo tranh trang trí truyền sáng được xem là một hướng tiếp cận mới, vừa góp phần tái sử dụng hiệu quả các nguồn phế thải rắn, vừa mở rộng phạm vi ứng dụng của bê tông xanh từ lĩnh vực kết cấu sang lĩnh vực trang trí và nghệ thuật kiến trúc [6,7].

Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này tập trung đánh giá khả năng sử dụng bê tông xanh không xi măng kết hợp với kính phế thải trong chế tạo sản phẩm trang trí truyền sáng. Nghiên cứu làm rõ các nội dung về lựa chọn vật liệu, nguyên tắc thiết kế cấp phối, quy trình chế tạo và các đặc tính cơ bản của sản phẩm, bao gồm khả năng truyền sáng, tính chất cơ học và tiềm năng ứng dụng trong trang trí nội, ngoại thất. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc phát triển các sản phẩm vật liệu trang trí bền vững, thân thiện môi trường, đồng thời khai thác hiệu quả giá trị của kính phế thải trong lĩnh vực vật liệu xây dựng và kiến trúc hiện đại.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu sử dụng

a) **Chất kết dính:** Trong hỗn hợp bê tông xanh, hỗn hợp tro bay nhiệt điện Phả Lại và xi lò cao Hòa Phát được sử dụng làm thành phần chất kết dính (CKD) cho sản phẩm bê tông trang trí truyền sáng [8].

- Tro bay được lấy tại nhà máy nhiệt điện Phả Lại thỏa mãn TCVN 10302:2014 “Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng” (Hình 2).

- Xi lò cao được lấy tại khu công nghiệp Hòa Phát, đáp ứng các yêu cầu quy định của TCVN 11586:2016 “Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa” (Hình 3).



**Hình 2.** Tro bay nhiệt điện Phả Lại.



**Hình 3.** Xi lò cao khu công nghiệp Hòa Phát.

b) **Cốt liệu:** Thành phần cốt liệu trong nghiên cứu này gồm có: Hạt kính phế thải kích thước 5,0-20,0 mm và các hạt sỏi trang trí có kích thước 2,5-5,0 mm.

- Nguồn kính phế thải trong nghiên cứu này được thu gom từ các bãi tập kết với sự đa dạng về màu sắc và kích cỡ. Trong nghiên cứu này, hạt kính đóng vai trò là thành phần cốt liệu thô đáp ứng các yêu cầu quy định của TCVN 7570:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật” (Hình 4 và Hình 5).



**Hình 4.** Kính phế thải tại bãi phế liệu.



Hình 5. Hạt kính phế thải sau khi vỡ.

- Trước khi sử dụng, hạt kính phế thải được gia công thành các hạt với kích thước 5; 10 và 20 mm, rửa sạch và phân loại theo màu sắc và chiều dày (Hình 6). Hạt kính sau khi gia công có khối lượng thể tích trung bình khoảng 2.480 kg/m<sup>3</sup>.



Hình 6. Các hạt kính sau khi gia công và phân loại.



Hình 7. Cốt liệu sỏi trang trí.

- Hạt sỏi trang trí trong nghiên cứu này được sử dụng nhằm mục đích giảm co ngót và tăng cường bộ khung chịu lực cho sản phẩm. Hạt sỏi trong nghiên cứu được sàng từ vật liệu cát vàng hạt thô trên cỡ sàng có mắt sàng kích thước từ 2,5 mm đến 5,0 mm (Hình 7).

- Đối với sản phẩm bê tông trang trí dạng tấm mỏng, sản phẩm sau khi tạo hình thường bị hiện tượng nứt vỡ do hỗn hợp hồ dẻo có độ chảy dẻo cao. Vì vậy, việc sử dụng cốt liệu sỏi trang trí dạng hạt nhỏ là rất cần thiết. Tuy nhiên, với hàm lượng cốt liệu lớn, sẽ ảnh hưởng đến dòng chảy và khả năng điền đầy của hồ chất kết dính vào khuôn mẫu trong quá trình tạo hình [9].

c) Dung dịch siêu dẻo và dung dịch hoạt hóa

- Phụ gia siêu dẻo được sử dụng trong nghiên cứu có tên thương mại là MVN-SR (PGSD) của Công ty Cổ phần Phụ gia Bê tông Silkroad Hà Nội. Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thế hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate. Phụ gia có khối lượng riêng 1,15 g/cm<sup>3</sup> ở nhiệt độ 25 ± 5 °C thỏa mãn TCVN 8826:2024 “Phụ gia hóa học cho bê tông” (Hình 8). Trong nghiên cứu này, phụ gia siêu dẻo được sử dụng với hàm lượng bằng 1,5 % hàm lượng chất kết dính để thu được hỗn hợp hồ dẻo có khả năng tự chảy và tự nén khi tạo hình sản phẩm.

- Dung dịch hoạt hóa được sử dụng trong nghiên cứu này là hỗn hợp dung dịch NaOH 10M và dung dịch Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> có tỷ số SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O = 2,75. Trong giới hạn của nghiên cứu này, hàm lượng của NaOH 10M và Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> được sử dụng với tỷ lệ 50 % : 50 %.



Hình 8. Phụ gia siêu dẻo MVN-SR.



Hình 9. Hỗn hợp dung dịch siêu dẻo hoạt hóa.

d) Sợi phân tán được sử dụng bao gồm sợi Polypropylen tổng hợp dạng sợi rời và sợi thép dạng lưới. Sợi phân tán được sử dụng nhằm tăng cường khả năng chống nứt và cải thiện tính cơ học của vật liệu. Các sợi được phân bố ngẫu nhiên trong hỗn hợp bê tông xanh, góp phần gia tăng khả năng liên kết và hạn chế sự tập trung ứng suất cục bộ [10] (Hình 10).

e) Nước sạch sinh hoạt được sử dụng để làm nước trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm, thỏa mãn TCVN 4506:2012 “Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật”.

Ngoài ra, để tạo ra màu sắc và thẩm mỹ cho sản phẩm trang trí, trong nghiên cứu đã sử dụng các loại bột màu khác nhau, bao gồm: màu

đỏ, màu vàng, màu xanh... phù hợp với chủng loại, bố cục và yêu cầu về thẩm mỹ của sản phẩm (Hình 11).



Hình 10. Sợi phân tán chống nứt.



Hình 11. Bột màu trang trí.

## 2.2. Cấp phối hỗn hợp bê tông xanh và quy trình chế tạo

Cấp phối bê tông xanh được thiết kế trên cơ sở sử dụng tro bay và xi lò cao làm chất kết dính chính, kết hợp nước và phụ gia hóa học để đạt được hỗn hợp có độ dẻo cao, phù hợp với yêu cầu tạo hình sản phẩm trang trí. Hàm lượng kính phế thải được lựa chọn và bố trí chủ yếu theo yêu cầu về hiệu ứng truyền sáng và bố cục thẩm mỹ, không chỉ đơn thuần dựa trên yêu cầu cơ học như đối với bê tông kết cấu truyền thống.

Từ các thí nghiệm thăm dò được thực hiện trong phòng thí nghiệm, nghiên cứu đã lựa chọn các tỷ lệ nguyên vật liệu như sau:

- + Tổng hàm lượng chất kết dính: CKD = 1000 kg;
- + Hàm lượng tro bay nhiệt điện giảm từ 1000 kg xuống 0 kg;
- + Hàm lượng xi lò cao Hòa Phát tăng từ 0 kg lên 1000 kg;
- + Cốt liệu hạt sợi phân tán được sử dụng trong nghiên cứu với hàm lượng là 500 kg;
  - + Hạt kính phế thải được nghiên cứu trong khoảng 5,0 %, 10 %, 15 % và 20 % hàm lượng CKD;
  - + Hàm lượng sợi phân tán sử dụng trong khoảng 5 % và 10 % hàm lượng CKD;
  - + Hàm lượng dung dịch siêu dẻo được lựa chọn là 1,5 % hàm lượng CKD;

- + Tỷ lệ Dung dịch hoạt hóa/Chất kết dính được lựa chọn bằng 0,25;
- + Tỷ lệ Nước nhào trộn/Chất kết dính được lựa chọn bằng 0,15.

Trên cơ sở các tỷ lệ đã lựa chọn và điều chỉnh cần thiết, thành phần cấp phối bê tông xanh sử dụng hạt kính phế thải và sợi phân tán được trình bày trong Bảng 1.

Quy trình chế tạo sản phẩm được thực hiện theo các bước chính:

- (i) - Chuẩn bị các loại khuôn mẫu chế tạo sản phẩm theo yêu cầu;
- (ii) - Chuẩn bị và xử lý nguyên vật liệu sử dụng;
- (iii) - Định lượng và trộn hỗn hợp bê tông xanh theo cấp phối đã thiết kế;
- (iv) - Thiết kế hoa văn và bố trí kính phế thải trong khuôn;
- (v) - Đổ hỗn hợp bê tông xanh vào trong khuôn để tạo hình sản phẩm;
- (vi) - Tháo khuôn mẫu, bảo dưỡng, quét keo chống dính và hoàn thiện bề mặt sản phẩm.

Tro bay, xi lò cao, bột màu và phụ gia được trộn khô trước nhằm đảm bảo độ đồng nhất của hỗn hợp, sau đó bổ sung nước và trộn đến khi đạt được độ dẻo phù hợp. Kính phế thải được bố trí trong khuôn theo bố cục thiết kế nhằm tạo hiệu ứng truyền sáng và giá trị thẩm mỹ cho sản phẩm. Hỗn hợp bê tông xanh sau khi trộn được rót vào khuôn một cách cẩn thận để hạn chế che phủ bề mặt kính, đảm bảo khả năng truyền sáng của sản phẩm sau khi hoàn thiện [11, 12] (Hình 12 và Hình 13).



Hình 12. Khuôn gỗ để tạo hình sản phẩm.



Hình 13. Chuẩn bị khuôn mẫu, đổ hỗn hợp bê tông xanh vào khuôn tạo hình sản phẩm.

## 2.3. Phương pháp thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, các tính chất cơ lý của các sản phẩm bê tông trang trí truyền sáng dạng tấm mỏng điển hình với các kích thước

và chiều dày khác nhau được thực hiện theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 7744:2013 “Gạch Terrazzo”.

Các tính chất kiểm tra gồm:

- + Khối lượng thể tích;
- + Độ hút nước bề mặt;
- + Độ chịu mài mòn;
- + Cường độ nén;
- + Cường độ kéo khi uốn.

Ngoài ra, khả năng truyền sáng của sản phẩm được xác định bằng tỷ lệ giữa diện tích chứa hạt kính cho sáng xuyên trên tổng diện tích bề mặt của mẫu thí nghiệm và được xác định theo công thức (1):

$$\Psi = \frac{S_1}{S_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Trong đó:

- Ψ – khả năng truyền sáng của sản phẩm bê tông trang trí (%)
- S<sub>1</sub> – diện tích chứa hạt kính truyền sáng của sản phẩm (cm<sup>2</sup>)
- S<sub>0</sub> – tổng diện tích bề mặt của sản phẩm (cm<sup>2</sup>)

### 3. Kết quả và thảo luận

Kết quả thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm của hỗn hợp bê tông và bê tông xanh không xi măng truyền sáng trang trí đã được trình bày chi tiết trên Bảng 2 và Bảng 3.

**Bảng 1.** Thành phần cấp phối sử dụng trong nghiên cứu.

Ký hiệu mẫu	Thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông xanh (kg)								
	Tro bay nhiệt điện	Xi lò cao Hòa Phát	Hạt kính phế thải	Hạt sỏi	Sợi phân tán	Phụ gia siêu dẻo	Dung dịch kích hoạt	Nước nhào trộn	Tổng cộng
GreeC-01	1000	0	50	500	100	15	250	150	2065
GreeC-02	700	300	100	500	100	15	250	150	2115
GreeC-03	300	700	150	500	50	15	250	150	2115
GreeC-04	0	1000	200	500	50	15	250	150	2165

**Bảng 2.** Tính chất của hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn.

STT	Tính chất	Hỗn hợp bê tông xanh sử dụng hạt phế thải kính và sợi phân tán							
		GreeC-01		GreeC-02		GreeC-03		GreeC-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 xòe của hỗn hợp bê tông xanh (cm)	25,0	2,1	19,5	2,0	20,0	1,5	19,5	2,0
2	Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn (kg/m <sup>3</sup> )	2060	3,5	2100	3,0	2110	3,2	2150	3,0
3	Màu sắc của hỗn hợp bê tông xanh	Màu xám đậm		Màu xám nhạt		Màu xám trắng		Màu trắng	

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

STT	Tính chất	Mẫu bê tông xanh sử dụng hạt phế thải kính và sợi phân tán							
		GreeC-01		GreeC-02		GreeC-03		GreeC-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	Khối lượng thể tích tự nhiên của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m <sup>3</sup> )	2045	4,0	2090	4,2	2105	4,0	2135	4,5
2	Độ hút nước bão hòa theo khối lượng ở tuổi 28 ngày (%)	9,45	0,8	9,05	1,0	8,38	0,9	8,05	0,8
3	Độ chịu mài mòn (g/cm <sup>2</sup> )	0,51	0,25	0,48	0,15	0,36	0,20	0,30	0,10
4	Cường độ nén trung bình (MPa) ở tuổi 28 ngày	40,8	2,1	45,5	2,2	48,7	2,4	50,7	2,4
5	Cường độ kéo khi uốn trung bình (MPa) ở tuổi 28 ngày	4,98	0,66	5,06	0,85	5,29	0,90	5,38	1,10
6	Khả năng truyền sáng của sản phẩm (%)	11,8		15,7		17,2		20,5	
7	Hiện tượng bề mặt của mẫu	Bề mặt nhẵn và màu xám đậm		Bề mặt nhẵn và màu xám nhạt		Bề mặt nhám và màu xám trắng		Bề mặt nhám và màu trắng	

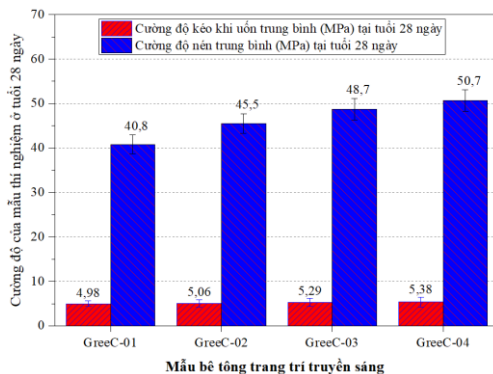
### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao và hạt kính phế thải đến tính chất của hỗn hợp bê tông xanh

Khi tăng hàm lượng xỉ lò cao Hòa Phát và giảm hàm lượng tro bay nhiệt điện, màu sắc của hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn chuyển dần từ xám đậm sang xám nhạt và trắng. Sự thay đổi này xuất phát từ đặc tính màu sắc của từng thành phần: tro bay nhiệt điện có màu xám đậm, trong khi xỉ lò cao Hòa Phát có màu trắng sáng. Hơn nữa, khi hàm lượng kính phế thải tăng từ 5,0 % đến 20 %, các tính chất của hỗn hợp bê tông xanh thay đổi đáng kể, hỗn hợp bê tông xanh có tính công tác giảm dần từ 25,0 cm xuống còn 19,5 cm đồng thời bề mặt của sản phẩm sau khi tạo hình trở nên nhám hơn so với các sản phẩm chứa hạt kính có kích thước nhỏ hơn.

Thực nghiệm cho thấy, các hỗn hợp bê tông xanh chứa lượng lớn hạt kính phế thải làm cản trở dòng chảy của hồ chất kết dính và giảm khả năng điền đầy của hồ chất kết dính vào khuôn mẫu trong quá trình tạo hình.

Mặt khác, do hạt kính phế thải có giá trị khối lượng thể tích trung bình là 2.480 kg/m<sup>3</sup>, nên khi hàm lượng kính phế thải tăng, hỗn hợp bê tông xanh sau khi nhào trộn có khối lượng thể tích tăng nhẹ từ 2060 kg/m<sup>3</sup> đến 2150 kg/m<sup>3</sup>. Điều này cho thấy thành phần cốt liệu kính có ảnh hưởng trực tiếp đến mật độ ban đầu của hỗn hợp bê tông xanh.

### 3.2. Các tính chất của sản phẩm bê tông xanh truyền sáng sau khi đã rắn chắc



**Hình 14.** Cường độ nén và cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông truyền sáng thí nghiệm.

Kết quả thực nghiệm trong Bảng 3 cho thấy sự thay đổi đáng kể các tính chất cơ lý của bê tông xanh khi tăng hàm lượng xỉ lò cao và hạt kính phế thải trong cấp phối, hạt kính vừa có vai trò là cốt liệu lớn, vừa quyết định khả năng truyền sáng của sản phẩm. Do đó khi hàm lượng hạt kính phế thải tăng lên, sản phẩm có cường độ chịu nén cao hơn, độ mài mòn giảm đi đáng kể và khả năng truyền sáng tăng từ 11,8 % lên đến 20,5 %. Vì vậy, hạt kính phế thải có vai trò quan trọng, quyết định đến cường độ và khả năng truyền sáng của sản phẩm sau khi tạo hình. Bên cạnh đó, độ hút nước bão hòa theo khối lượng ở tuổi 28 ngày trong các sản phẩm bê tông xanh trang trí đã giảm nhanh khi sử dụng

lượng hạt kính tăng. Hiện tượng này được giải thích do có hiệu ứng tương hỗ giữa phụ gia siêu dẻo MVN-SR và sợi phân tán đã giảm được lượng nước nhào trộn, làm tăng độ đặc chắc vi cấu trúc của sản phẩm sau khi tạo hình [13].

Giá trị trung bình cường độ nén và cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông truyền sáng trong nghiên cứu này được thể hiện trên hình 14.

Dựa vào hình 14 có thể thấy, khi cường độ nén của mẫu thí nghiệm tăng lên từ 40,8 MPa đến 50,7 MPa, cường độ kéo khi uốn cũng tăng tương ứng từ 4,98 MPa lên 5,38 MPa. Tỷ số giữa cường độ chịu kéo khi uốn/cường độ nén dao động trong khoảng từ 1/8 đến 1/9. Kết quả này tương đương với sản phẩm bê tông xi măng truyền thống.

Bên cạnh đó, thực nghiệm khảo sát cho thấy, các sản phẩm trang trí truyền sáng chế tạo từ bê tông xanh và kính phế thải có khả năng cho ánh sáng truyền xuyên từ bề mặt này sang bề mặt còn lại thông qua các hạt kính. Ánh sáng truyền qua không tập trung thành các chùm sáng mạnh mà được phân tán mềm mại, tạo hiệu ứng thị giác hài hòa, phù hợp với mục đích trang trí nội, ngoại thất [14].

Khả năng truyền sáng của sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng kính phế thải, kích thước hạt kính, màu sắc kính và mức độ che phủ của hồ chất kết dính không xi măng. Các mẫu sử dụng kính trong suốt hoặc kính màu sáng cho hiệu ứng truyền sáng rõ rệt hơn so với các mẫu sử dụng kính màu sẫm. Đồng thời, cần kiểm soát quá trình rót hỗn hợp bê tông để hạn chế bê tông bám lên bề mặt kính là yếu tố quan trọng nhằm duy trì hiệu quả truyền sáng của sản phẩm.

So với các vật liệu truyền sáng truyền thống như kính nghệ thuật hoặc đá xuyên sáng, sản phẩm bê tông xanh trang trí không tạo ra độ xuyên sáng hoàn toàn, mà hướng tới hiệu ứng ánh sáng khuếch tán, mềm và có chiều sâu. Đặc điểm này giúp sản phẩm phù hợp với không gian trang trí, tránh gây chói và tạo cảm giác dễ chịu cho người sử dụng [15] (Hình 15).



**Hình 15.** Một số sản phẩm sau bê tông trang trí truyền sáng.

Tổng thể, kết quả cho thấy việc tối ưu hóa hàm lượng xỉ lò cao và hạt kính phế thải không chỉ nâng cao tính cơ học mà còn cải thiện khả năng truyền sáng, đáp ứng đồng thời yêu cầu về kỹ thuật và thẩm mỹ đối với sản phẩm bê tông trang trí truyền sáng.

### 3.3. Đánh giá tiềm năng ứng dụng sản phẩm bê tông xanh trang trí trong công trình xây dựng

Kết quả nghiên cứu cho thấy sản phẩm trang trí truyền sáng từ bê tông xanh và kính phế thải có tiềm năng ứng dụng cao trong thực

tiến xây dựng, đặc biệt trong lĩnh vực trang trí nội – ngoại thất. Với cường độ nén đạt trên 40–50 MPa và khả năng truyền sáng đến 20,5 %, sản phẩm vừa đảm bảo yêu cầu cơ học, vừa tạo hiệu ứng ánh sáng thẩm mỹ rõ rệt. Sản phẩm có thể được ứng dụng làm tấm ốp trang trí, vách ngăn truyền sáng, panel trang trí tường, bảng hiệu hoặc các chi tiết điểm nhấn trong không gian nhà ở, khách sạn, nhà hàng, trường học và khu vực công cộng. So với các vật liệu truyền sáng nhập khẩu, sản phẩm có lợi thế về giá thành do sử dụng nguồn phế thải sẵn có trong nước như tro bay, xỉ lò cao và kính thải (Hình 16 và 17).



Hình 16. Bức tranh “Xuân trong tán lá”.



Hình 17. Bức tranh “Thuận buồm xuôi gió”.

Bên cạnh đó, việc sử dụng kính phế thải và phế thải công nghiệp trong chế tạo sản phẩm góp phần giảm tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên và giảm phát thải CO<sub>2</sub> so với các vật liệu truyền sáng nhập khẩu hoặc vật liệu trang trí truyền thống [16]. Đây là lợi thế quan trọng của sản phẩm trong bối cảnh các công trình ngày càng ưu tiên sử dụng vật liệu xanh và bền vững.

- **Khả năng ứng dụng của sản phẩm bê tông xanh trang trí truyền sáng:**

- + Có thể chế tạo kết cấu vừa bao che công trình vừa chịu lực cho công trình vì có cường độ cao;
- + Có thể ứng dụng như cấu kiện lấy sáng thụ động trong công trình, do có khả năng xuyên sáng tương đối tốt;
- + Có thể sử dụng trong trang trí nội thất và ngoại thất công trình xây dựng kết hợp với các sản phẩm truyền thống, tạo ra các hiệu ứng ánh sáng kiến trúc độc đáo;

- + Sử dụng để làm sản phẩm tường ngăn, trang trí trong phòng, truyền sáng, bảo tín hiệu trong các khu vực sân vườn, trong các công viên...

Tuy nhiên, để mở rộng phạm vi ứng dụng, cần tiếp tục nghiên cứu tối ưu hóa quy trình chế tạo, kiểm soát chất lượng bề mặt, hạn chế vết nứt và đánh giá độ bền lâu dài của sản phẩm trong các điều kiện môi trường khác nhau, đặc biệt trong điều kiện ẩm ướt và có mưa đối với các ứng dụng ngoài trời.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả nghiên cứu và quan sát thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Bê tông xanh không sử dụng xi măng, chế tạo từ tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao và kính phế thải, có khả năng ứng dụng trong sản xuất tranh trang trí truyền sáng, đảm bảo hình dạng ổn định, bề mặt tương đối đồng đều và cường độ cơ học đáp ứng yêu cầu sử dụng.

- Việc bố trí hạt kính phế thải trong nền bê tông xanh cho phép ánh sáng truyền xuyên qua vật liệu, tạo hiệu ứng khuếch tán mềm mại, phù hợp với mục đích trang trí nội và ngoại thất.

- Khả năng truyền sáng phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng, kích thước và màu sắc của hạt kính phế thải cũng như mức độ che phủ của nền chất kết dính. Kính trong suốt và kính màu sáng cho hiệu ứng truyền sáng rõ rệt hơn so với kính màu sẫm.

- Việc sử dụng kính phế thải, tro bay và xỉ lò cao góp phần giảm tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên và phát thải CO<sub>2</sub>, phù hợp với định hướng phát triển vật liệu xây dựng xanh và kinh tế tuần hoàn.

- Sản phẩm bê tông xanh truyền sáng cho thấy tiềm năng ứng dụng trong các không gian nội, ngoại thất và phát triển trong lĩnh vực vật liệu trang trí thân thiện môi trường.

Kiến nghị cần được tiếp tục nghiên cứu đánh giá độ bền lâu dài, khả năng chống nứt và ổn định màu sắc của sản phẩm trong các điều kiện môi trường khác nhau, đặc biệt đối với ứng dụng ngoài trời, làm cơ sở cho triển khai sản xuất và ứng dụng thực tế.

#### Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Dự án ươm tạo sản phẩm khoa học công nghệ cấp Trường năm 2025 “Chế tạo sản phẩm bê tông trang trí truyền sáng sử dụng kính phế thải và cốt sợi phân tán”, mã số: DAUT.01.2005. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ kinh phí để nhóm nghiên cứu thực hiện Dự án này.

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Scrivener K.L., John V.M., Gartner E.M. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub> cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114, 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>

- [2]. Tang Van Lam, Vo Dinh Trong (2024). Translucent concrete made from fly ash and glass waste, (In Vietnamese), Vietnam Journal of Science and Technology. No.7, 2024, pp. 36-37.
- [3]. Chernikova T.Yu. (2019). Transparent concrete: features of the material and prospects for its use. Collection of scientific papers based on the results of the International scientific and technical conf. of young scientists of BSTU named after VG Shukhov. Belgorod: BSTU Publishing House, 2019. Pp. 1358-1361.
- [4]. Pacheco-Torga F., Jalali S. (2010). Reusing waste glass in construction materials. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2149–2158. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.020>
- [5]. Tạp chí Kiến trúc (2025). Tiềm năng tái chế kính phế thải trong sản xuất “Bê tông xanh truyền sáng” tại Việt Nam, <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/tiem-nang-tai-che-kinh-phe-thai-trong-san-xuat-be-tong-xanh-truyen-sang-tai-viet-nam.html>
- [6]. Tăng Văn Lâm, Phạm Quang Đạo, Trần Thị Kim Phụng, Lại Ngọc Hùng (2025). Sử dụng phế thải kính trong chế tạo sản phẩm bê tông trang trí – truyền sáng thân thiện với môi trường hướng đến tương lai bền vững, *TNU Journal of Science and Technology*
- [7]. Novikova A.M., Eropov L.A. (2021). Modern types of concrete for finishing and for structures. Collection: Days of Science of Students of the Institute of ASE-2021: Collection of scientific papers based on the results of scientific and practical conference. Vladimir: Publishing house of VISU, 2021. Pp. 50-56.
- [8]. Tang Van Lam, Bulgakov B.I. (2021). Feasibility of using ash and slag waste and rice husk ash in geopolymer concretes for the construction of structures in Vietnam. *BDU Journal of Science & Technology*. 2021. Vol.03. No.01. Pp. 26-40.
- [9]. Liu H. Q., Chen X. (2012). Influence of Aggregate on Workability of Self-Compacting Concrete. *Advanced Materials Research*, 482-484, 1101–1104. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.482-484.1101>
- [10]. Bentur A., Mindess S. (2007). *Fibre reinforced cementitious composites*. CRC Press.
- [11]. A. Altomate, F. Alatshan, M. Jadan, F. Mashiri (2016). Experiment study of light transmitting concrete. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(3-4), 2016, 133-139.
- [12]. Nguyễn Đức Tuấn, Huỳnh Phương Nam, Nguyễn Văn Hưởng, Nguyễn Minh Hà (2022). Nghiên cứu thành phần cấp phối bê tông cốt liệu mịn và thân thiện với môi trường ứng dụng trong chế tạo bê tông truyền sáng, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol.20, No. 8, 2022
- [13]. Dương Thanh Qui, Phan Văn Quỳnh, Phạm Hữu Thiên (2025). Nghiên cứu sự ảnh hưởng của cốt sợi phân tán đến tính chất cơ lý của bê tông tự lèn. *Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng - Bộ Xây dựng*, 15(01), Trang 28 – Trang 33. <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2025.700>
- [14]. Tang L. V., Thanh L. X., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V., Bazhenova S. I. (2025). Light-transmitting concrete using ash and slag, and glass waste. *Nanotechnologies in Construction*, 17(4), 475–484. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-4-475-484>
- [15]. Hongjian Du, Kiang Hwee Tan (2014). Waste glass powder as cement replacement in concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 12(11), 468–477. <https://doi.org/10.3151/jact.12.468>
- [16]. Nguyen M. H., P. N. Huynh. (2025). CO<sub>2</sub> Emission Reduction Efficiency of Light Transmitting Concrete and Influencing Factors. *Tạp Chí Khoa học Và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol 23, số p.h 6A, Tháng Sáu 2025, tr 42-47, [doi:10.31130/ud-jst.2025.23\(6A\).149](https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23(6A).149).