

Nghiên cứu ảnh hưởng hàm lượng muội silic (silica fume) đến giá trị cường độ chịu nén của bê tông cốt trấu

Research on the effect of silica fume content on the compressive strength of huck rice reinforced concrete

TS. Trương Văn Bằng^{1*}, ThS. Trần Hồng Quân¹ và ThS. Trần Lan Phương Thảo²

¹ Bộ môn Thi công, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

² Bộ môn Cơ học ứng dụng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

*Tác giả liên hệ: Email: truongvanbang@mtu.edu.vn

■ Nhận bài: 09/02/2025 ■ Sửa bài: 26/02/2025 ■ Duyệt đăng: 11/05/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu mức độ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic (silica fume) đến giá trị cường độ chịu nén (R_n) của bê tông cốt trấu khi sử dụng vỏ trấu thay thế cát để sản xuất bê tông ở độ tuổi của 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày. Nội dung trình bày các kết quả nghiên cứu sử dụng 10%; 20% và 30% thể tích vỏ trấu thay thế thể tích cát trong thành phần cấp phối để sản xuất bê tông có sự tham gia của muội silic với tỷ lệ lần lượt là 0%, 5%, 10%, 15%, so với thể tích của xi măng. Nghiên cứu mức độ ảnh hưởng hàm lượng muội silic (silica fume) đến cường độ chịu nén (R_n) của bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế cát. Kết quả nghiên cứu là cơ sở ban đầu để tiếp tục mở rộng hướng nghiên cứu trong việc ứng dụng hiệu quả nguồn vỏ trấu, kết hợp muội silic trong việc sản xuất bê tông ứng dụng cho các công trình xây dựng qui mô nhỏ.

Từ khóa: Bê tông cốt trấu; Ảnh hưởng hàm lượng muội silic trong bê tông; Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng vỏ trấu; Vỏ trấu thay thế cát trong bê tông; Muội silic trong thành phần bê tông cốt trấu.

ABSTRACT

Study on the influence of silica fume content on the compressive strength (R_n) of rice husk reinforced concrete when using rice husk instead of sand to produce concrete at the ages of 7 days, 14 days and 28 days. The content presents the research results using 10%; 20% and 30% of rice husk volume to replace sand volume in the mix composition to produce concrete with the participation of silica fume at the ratios of 0%, 5%, 10%, 15%, respectively compared to the volume of cement. Study on the influence of silica fume content on the compressive strength (R_n) of concrete using rice husk instead of sand. The research results are the initial basis for continuing to expand the research direction in the effective application of rice husk resources, combined with silica fume in the production of concrete for small-scale construction projects.

Keywords: Rice husk reinforced concrete; Effect of silica fume content in concrete; Compressive strength of concrete using rice husk; Rice husk replacing sand in concrete; Silica fume in rice husk reinforced concrete composition.

1. GIỚI THIỆU

Trước tình hình phát triển chung của ngành xây dựng hiện nay, các công trình xây dựng thường được thiết kế đổ bê tông tại chỗ hoặc sử dụng bê tông thương phẩm cường độ cao, bê tông tự lèn, bê tông nhẹ... sử dụng một lượng lớn cát tự nhiên.

Với nhu cầu sử dụng cát ngày càng tăng, đã gián tiếp tạo ra cơn sốt trong việc khai thác cát không kiểm soát tại các lòng sông khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Đã gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng, làm dòng chảy biến đổi gây sạt lở, xói mòn hai bên bờ sông.

Cát tự nhiên mà chủ yếu là cát sông là

vật liệu được sử dụng để san lấp nhiều nhất, với dự báo nhu cầu san lấp khu vực (ĐBSCL) giai đoạn 2020-2025 là khoảng $(23 \div 25)$ triệu m^3 /năm.

Việc nghiên cứu sử dụng vật liệu thay thế cốt liệu cát và đá 1×2 trong việc chế tạo bê tông là cần thiết, một phần tận dụng nguyên liệu đầu vào sẵn có của địa phương, góp phần giải quyết khó khăn về tình trạng khan hiếm cát hạt thô trong xây dựng giai đoạn hiện nay (2020-2025) và trong tương lai.

Xuất phát từ ý tưởng nghiên cứu đã được công bố của một số tác giả liên quan đến việc sử dụng một số vật liệu thay thế trong thành phần của bê tông đã được công nhận, cụ thể như sau:

Theo nghiên cứu các nhà khoa học từ Trung tâm nghiên cứu quân sự thuộc Đại học liên bang Viễn Đông, Nga, nghiên cứu sử dụng 40% chất thải như vỏ trấu trong thành phần của bê tông, chất thải nghiền đá vôi và cát silic, bê tông có khả năng chống xói mòn rất cao so với bê tông được sản xuất theo tất cả các tiêu chuẩn nhà nước Nga. Nghiên cứu cho thấy loại bê tông này không chỉ chịu được tác động của đạn pháo mà còn cả sóng thần. Ngoài ra, vật liệu này có khả năng chống động đất. [1]

Nghiên cứu khả năng sử dụng vỏ trấu trong hỗn hợp bê tông và xem xét tác động của nó đến hiệu quả ứng dụng của bê tông. Tác động đến các đặc tính của bê tông như khả năng làm việc, mật độ, cường độ nén, cường độ uốn, cường độ kéo tách, mô đun đàn hồi, đặc tính độ bền cũng như tác động của nó đến tính bền vững của vật liệu bê tông. [2]

Nghiên cứu trình bày một số kết quả thực nghiệm về bê tông có sử dụng trấu để sản xuất cấu kiện bảo vệ bờ sông. Nghiên cứu tìm ra một số tính chất của bê tông có trấu làm giảm đáng kể cường độ nếu hỗn hợp bê tông có độ sụt cao. [3]

Một số nghiên cứu sử dụng 100% vỏ trấu thay thế cốt liệu cát và đá dăm để chế tạo bê tông trong xây dựng đường giao thông nông thôn. Nghiên cứu tính toán khả năng

chịu nén của kết cấu mặt đường bê tông cốt trấu tại những nơi có lưu lượng xe chạy thấp, phương tiện có tải trọng nhỏ phù hợp cho các phương tiện nhẹ như xe máy, xe thô sơ lưu thông. [4]

Trấu là lớp vỏ ngoài cùng của hạt lúa trấu chứa khoảng 75% chất hữu cơ dễ bay hơi sẽ cháy trong quá trình đốt và khoảng 25% còn lại chuyển thành tro (Theo Energy Efficiency Guide for Industry in Asia). Chất hữu cơ chủ yếu là cellulose, lignin, và Hemi - cellulose (90%), ngoài ra còn có nitơ và vô cơ. Lignin chiếm khoảng 25-30% và cellulose chiếm khoảng 35-40%. Chất hữu cơ có trong vỏ trấu chủ yếu là các mạch polycarbohydrat rất dài nên hầu hết các loài sinh vật không thể sử dụng trực tiếp được. Chính điều này là yếu tố cơ sở để có thể trộn vỏ trấu vào bê tông xi măng, nhờ vào kích thước hạt cốt liệu nhỏ khi liên kết với các thành phần khác hạn chế được lỗ rỗng nên thành phần vỏ trấu cũng hạn chế tiếp xúc với môi trường nên kết cấu bền chắc hơn. [5]

Nghiên cứu trình bày nghiên cứu sử dụng tro bay, silicafume và môi trường dưỡng hộ đến giá trị cường độ chịu nén của bê tông. Nghiên cứu tìm ra một số tính chất liên quan đến quá trình cải thiện cường độ bê tông dựa vào đặc điểm của môi trường dưỡng hộ bê tông. [6]

Trên cơ sở phân tích tình hình và thực trạng ở địa bàn tỉnh Vĩnh Long và một số tính chất liên quan, nhằm đảm bảo được nguồn vật liệu, bảo đảm môi trường bền vững và đảm bảo quá trình sản xuất bê tông đạt hiệu quả. Nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu mức độ ảnh hưởng hàm lượng muối silic đến cường độ chịu nén (R_n) của bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế một phần cát trong thành phần cấp phối bê tông.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tất cả các nghiên cứu trên đã thực hiện thành công nội dung nghiên cứu, mang lại ý nghĩa khoa học thực tiễn rất lớn. Tuy nhiên mỗi nghiên cứu đều có một điểm hạn chế là chỉ dừng lại ở một điểm chung là chỉ dừng lại ở việc tìm ra được cấp phối mẫu hoặc một số

tính chất nào đó mà chưa đánh giá được tỷ lệ ảnh hưởng của hàm lượng ...

Với những thông tin khoa học hiện có, nhóm nghiên cứu sẽ thực hiện với mẫu bê tông cơ sở (Xi Măng; Cát; Đá 1×2; Nước) được sản xuất với cấp độ bền B20, tiến hành thay thế tỷ lệ vỏ trấu thay thế cát lần lượt là 10%, 20% và 30% so với thể tích cát tính toán ban đầu. Kèm theo lần lượt một lượng 0%, 5%, 10%, 15%, muội silic (silica fume) so với thể tích xi măng tính toán ban đầu, kết hợp cùng các tiêu chuẩn hiện đang lưu hành và đưa ra phần trăm mức độ ảnh hưởng của cường độ chịu nén bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế cát trong bê tông.

a- Đối tượng nghiên cứu

Mức độ ảnh hưởng hàm lượng muội silic (silica fume) đến cường độ chịu nén (Rn) của bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế cát.

b- Phạm vi nghiên cứu

Xác định giá trị cường độ chịu nén (Rn) trong phòng thí nghiệm của bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế cát khi sử dụng bổ sung hàm lượng muội silic (silica fume) trong thành phần cấp phối để sản xuất bê tông.

Nghiên cứu lý thuyết: Thu thập tài liệu, tìm hiểu lý thuyết tính chất của vật liệu vỏ trấu và muội silic qua các bài đánh giá và báo, nội dung nghiên cứu liên quan đến vật liệu mới và các phương pháp xác định cường độ của bê tông.

Nghiên cứu, phân tích thực nghiệm: Thiết kế thành phần cấp phối bê tông, tiến hành thí nghiệm xác định cường độ bê tông, thay thế một phần cát bằng vỏ trấu theo nhiều tỷ lệ khác nhau trên cùng một loại cốt liệu (cát, đá, xi măng) có sự tham gia của muội silic, các vật liệu được lấy từ một nguồn.

Nhóm nghiên cứu giả định thành phần vỏ trấu thế cốt liệu cát dựa trên những nghiên cứu trước theo tỷ lệ tăng dần từ 10%, 20%, 30%, kết hợp cùng với sự tham gia của 0%, 5%, 10% và 15 % muội silic (silica fume) so với thể tích xi măng tính toán ban đầu.

Kiểm tra cường độ chịu nén của mẫu bê tông 150×150×150 mm đã sản xuất.

Tổng hợp, phân tích rút ra kết luận: Tổng hợp số liệu, lập biểu đồ quy luật thay đổi về giá trị cường độ chịu nén (Rn) đối với mẫu bê tông khi thay thế cốt liệu cát bằng cốt liệu vỏ trấu. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của muội silic (silica fume) sau thời gian 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày tuổi của cấp phối bê tông cấp độ bền B20.

2.1. Vật liệu sử dụng

Vật liệu sử dụng để thực hiện thí nghiệm là: cốt liệu nhỏ (cát vàng - vỏ trấu), cốt liệu thô (đá 1×2), xi măng, nước, những vật liệu này được lựa chọn theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7570:2006 và phải đạt các yêu cầu về cường độ theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572:2006

a) Cốt liệu nhỏ

- Cát cho bê tông cần đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006. Cát có mô đun độ lớn $M_{dl} = 1,0 \div 2,0$ có thể sử dụng chế tạo bê tông cấp từ B15 đến B25. Cát có mô đun độ lớn $M_{dl} = 2,0 \div 3,3$ có thể sử dụng để chế tạo tất cả các cấp bê tông. [6]

- Theo TCVN 7572-14:2006 Tạp chất hữu cơ trong cát khi xác định theo phương pháp so màu, không được thâm hơn màu chuẩn. Cát được sử dụng khi khả năng phản ứng kiềm - silic kiểm tra theo phương pháp hóa học đảm bảo vô hại.

- Modul độ lớn của cát sau tính toán: $M_{dl}=1,5$.

- Khối lượng riêng: 2,6 g/cm³. Độ ẩm: 1%.



Hình 1. Vật liệu cát dùng thí nghiệm

- Cát được sàng qua bộ sàng tiêu chuẩn để xác định thành phần hạt, phục vụ cho việc tính toán cấp phối.

b) Cốt liệu thô

- Đá được sàng qua bộ sàng tiêu chuẩn để xác định thành phần hạt, phục vụ cho việc tính toán cấp phối.

Cốt liệu lớn là hỗn hợp các hạt cốt liệu có kích thước từ 5mm đến 70mm. Cốt liệu lớn có thể là đá dăm, sỏi, sỏi dăm và hỗn hợp từ đá dăm và sỏi hay sỏi dăm.



Hình 2. Vật liệu đá dăm dùng thí nghiệm

c) Cốt liệu vỏ trấu

Trấu là lớp vỏ ngoài cùng của hạt lúa và được tách ra trong quá trình xay xát. Trong vỏ trấu chứa khoảng 75% chất hữu cơ dễ bay hơi sẽ cháy trong quá trình đốt và khoảng 25% còn lại chuyển thành tro (Theo Energy Efficiency Guide for Industry in Asia). Các chất hữu cơ chứa chủ yếu cellulose, lignin, và Hemi - cellulose (90%), ngoài ra có thêm thành phần khác như hợp chất nitơ và vô cơ. Lignin chiếm khoảng 25-30% và cellulose chiếm khoảng 35-40%. Các chất hữu cơ của trấu là các mạch polycarbohydrat rất dài nên hầu hết các loài sinh vật không thể sử dụng trực tiếp được.



Hình 3. Vỏ trấu sử dụng tại địa bàn Vĩnh Long

Đây chính là yếu tố cơ sở để có thể trộn vỏ trấu vào bê tông xi măng, nhờ vào kích thước hạt cốt liệu nhỏ khi liên kết với các thành phần khác hạn chế được lỗ rỗng nên thành phần vỏ trấu cũng hạn chế tiếp xúc với môi trường nên kết cấu bền chắc hơn.

Vệ sinh và phơi khô tại Phòng thí nghiệm trường Đại học Xây dựng Miền Tây.

Vỏ trấu được sắp xếp bảo quản ở vị trí an toàn và khô ráo chờ ngày thí nghiệm, tránh làm ảnh hưởng đến khu vực xung quanh.

d) Xi măng

Sử dụng xi măng Pooclăng PCB40 có độ mịn và các thành phần chỉ tiêu cơ lý phải phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 6260:2009, khối lượng riêng 3,1g/cm³. Cường độ xi măng phải đạt chuẩn theo tiêu chuẩn TCVN 6016:2011.

e) Muội silic (silica fume)

Muội silic (silica fume), còn được gọi là silica bay hơi, vi silic, hoặc khói silic ngưng tụ, là vật liệu puzolan, có dạng bột màu xám, bề ngoài tương tự như tro bay hoặc xi măng Pooclăng. Nó bao gồm chủ yếu là không kết tinh (hoặc vô định hình) silic dioxit (SiO₂), với mỗi hạt xấp xỉ 0,01 lần kích thước của một hạt xi măng trung bình.



Hình 4. Muội silic (silica fume) dạng bột

Muội silic (silica fume) là vật liệu siêu mịn, chứa SiO₂ vô định hình, thu được trong quá trình sản xuất silic và hợp kim silic bằng hồ quang. Tỷ lệ SiO₂ trong silica fume phụ thuộc vào loại hợp kim sản xuất. Silica fume thu được khi sản xuất hợp kim 50% ferrosilicon chứa khoảng từ 74% đến 84% SiO₂, thu được

khi sản xuất hợp kim 75% ferrosilicon chứa khoảng từ 84% đến 91% SiO₂, còn thu được khi sản xuất silic chứa khoảng từ 87% đến 98% SiO₂. [7]

f) Nước

Nước không có hàm lượng tạp chất vượt quá giới hạn cho phép, làm ảnh hưởng tới quá trình đông kết của bê tông và vữa, cũng như làm giảm độ bền lâu của kết cấu bê tông và vữa trong quá trình sử dụng, thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4506: 2012

2.2. Chuẩn bị cốt liệu, vữa bê tông

- Vật liệu được sử dụng đạt theo tiêu chuẩn. Cát, đá, xi măng sử dụng cùng một nguồn cung cấp đã kiểm tra đạt chất lượng tiêu chuẩn.

- Trấu được xem như chất độn, được sử dụng ở trạng thái bão hòa nước (ngâm sau 24 giờ). Lượng đưa vào thành phần cấp phối theo tỷ lệ với (%) thể tích của cát.

- Muội silic (silica fume) là phụ gia khoáng hoạt tính cao. Trong bê tông, silica fume có thể phân bố ở khoảng trống giữa các hạt xi măng và tham gia phản ứng với các sản phẩm thủy hóa xi măng hình thành các khoáng mới. Nhờ đó có thể cải thiện được cấu trúc, độ chống thấm, cường độ, độ bền lâu và khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông trong các môi trường xâm thực.

- Nước trộn bê tông và bảo dưỡng bê tông được lấy từ nguồn nước sạch của thành phố, hiện đang cung cấp sinh hoạt gia đình và đảm bảo chất lượng theo quy định.

- Mẫu thử kiểm tra cường độ chịu nén được chuẩn bị trong phòng thí nghiệm với kích thước mẫu bê tông 150×150×150 mm đúc bằng phương pháp đóng rắn tự nhiên.

- Trước khi đúc khuôn, toàn bộ cốt liệu mẫu được trộn đều và có kiểm tra độ sụt theo đúng quy định. Các chỉ tiêu của hỗn hợp bê tông được tiến hành thử ngay không chậm hơn 5 phút các viên mẫu bê tông cần đúc cũng được tiến hành ngay không chậm hơn 15 phút kể từ lúc lấy xong toàn bộ mẫu.

Cấp phối tính toán vật liệu cho 1m³ bê

tông sử dụng xi măng Pooclang PCB 40 có cấp bền B20 (mác 250); Độ sụt 2 ÷ 4 cm; Đá d_{max} = 20 mm.

Bảng 1: Cấp phối vật liệu cho 1m³ bê tông sử dụng xi măng Pooclang PCB 40.

Khối lượng vật liệu mẫu bê tông cơ sở cấp độ bền B20					
Trong (1000 lít) bê tông				3 mẫu 150×150×150 mm	
Trước khi hiệu chỉnh độ ẩm		Sau khi hiệu chỉnh độ ẩm		Sau khi hiệu chỉnh độ ẩm	
C (kg)	565	C ₁ (kg)	576	C ₂ (kg)	5,84
Đ (kg)	1140	Đ ₁ (kg)	1163	Đ ₂ (kg)	11,77
N (lít)	215	N ₁ (kg)	181	N ₂ (kg)	1,83
X (kg)	420	X ₁ (kg)	420	X ₂ (kg)	4,25

Theo lý thuyết “thể tích tuyệt đối” nghĩa là tổng thể tích hoàn toàn đặc của các vật liệu trong 1m³ bê tông bằng 1000 dm³. [8]

$$\left[\frac{X}{\gamma_{ax}} + \frac{N}{\gamma_{aN}} + \frac{C}{\gamma_{aC}} + \frac{Đ}{\gamma_{aĐ}} \right] = 1000 \quad (1)$$

Dựa trên cơ sở công thức (1) cho thấy thể tích 1m³ bê tông bao gồm V_{bt} = V_X + V_N + V_C + V_Đ.

Cấp phối sơ bộ vật liệu cho tổ mẫu áp dụng theo công thức sau:

$$X : C : Đ : N = \left(\frac{X}{\gamma_{ax}} \right) + \left(\frac{C}{\gamma_{aC}} \right) + \left(\frac{Đ}{\gamma_{aĐ}} \right) + \left(\frac{N}{\gamma_{aN}} \right) \quad (2)$$

Bảng 2: Bảng tổng hợp kết quả tính toán tỷ lệ cấp phối theo thể tích

TT	Vật liệu thành phần tổ mẫu	Khối lượng vật liệu (kg)	KL riêng vật liệu (kg/m ³)	Thể tích vật liệu (m ³)
01	- Cát vàng	5,84	1390	0,0042
02	- Đá 1x2	11,77	1400	0,0084
03	- Nước	1,83	1000	0,0018
04	- Xi măng	4,25	1300	0,0033

Cấp phối sơ bộ theo tổ mẫu, áp dụng công thức (2) ta có kết quả như sau:

$$X : C : Đ : N = 1 : 1,28 : 2,57 : 0,56$$

Dựa vào khối lượng tính toán cấp phối cơ bản, ta tiến hành giả định thành phần thể tích vỏ trấu thay thế cốt liệu cát là 10%, 20%, 30%, lần lượt bổ sung 0%, 5%, 10%, 15% thể tích muối silic so với thể tích xi măng. Kết quả tính toán vật liệu thay thế cụ thể ở bảng 3:

Bảng 3: Bảng tổng hợp kết quả tính toán cho mẫu lập phương 10% vỏ trấu và 5 % muối silic

TT	Vật liệu thành phần tổ mẫu	Khối lượng vật liệu (kg)	KL riêng vật liệu (kg/m ³)	Thể tích vật liệu (dm ³) Lít
01	- Cát vàng	5,25	1390	3,4003
02	- Đá 1x2	11,77	1400	8,4095
03	- Nước	1,84	1000	1,8431
04	- Xi măng	4,25	1300	3,2712
05	- Vỏ trấu	0,57	95	0,3778
06	- Muối silic	0,21	615	0,1636

Tương tự ta tính toán cấp phối thay thế cho các tỷ lệ còn lại của tổ mẫu 12 lít bê tông kết quả tính toán thể hiện ở bảng 4:

Bảng 4: Tổng hợp kết quả tính toán cho mẫu lập phương với 3 thành phần cát, trấu và muối silic

% Vỏ trấu	% Muối silic	Cát (dm ³) Lít	Trấu (dm ³) Lít	Muối silic (dm ³) Lít
10	5	3,4003	0,3778	0,1636
20	5	2,6866	0,6717	0,1636
30	5	2,0570	0,8816	0,1636
10	10	3,4003	0,3778	0,3271
20	10	2,6866	0,6717	0,3271
30	10	2,0570	0,8816	0,3271
10	10	3,4003	0,3778	0,4907
20	10	2,6866	0,6717	0,4907
30	10	2,0570	0,8816	0,4907

- Để xác định chính xác giá trị cường độ bê tông trong phòng thí nghiệm thì trong quá trình thí nghiệm cần đảm bảo các bước triển

khai theo tiêu chuẩn và cần chú ý đến những yếu tố ảnh hưởng đến cường độ bê tông trong phòng thí nghiệm như: đúng cấp phối bê tông, quy trình trộn, đổ và đầm bê tông theo tiêu chuẩn, bảo dưỡng mẫu thử.

- Với khối lượng lý thuyết trình bày các phương pháp xác định cường độ BT trong phòng thí nghiệm như trên đủ cơ sở để thực hiện khối lượng công việc ở bước thực nghiệm.

- Sau khi tính toán cấp phối, nhóm tác giả tiến hành thực hiện quá trình đúc mẫu viên gạch 150×150×150 mm để kiểm tra cường độ chịu nén và nghiên cứu mức độ ảnh hưởng cường độ bê tông của hàm lượng muối silic.

2.3. Thi công đúc mẫu

- Mẫu thí nghiệm được nhóm tác giả thực hiện tại Trung tâm thí nghiệm Xây dựng và Môi trường, trường Đại học Xây dựng miền Tây.



Hình 5. Công tác chuẩn bị vật liệu và kiểm tra độ sụt bê tông đúc mẫu.

- Mẫu đúc được 24 giờ, tiến hành tháo khuôn và bảo dưỡng mẫu trong môi trường nước sinh hoạt. Sau 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày, tiến hành nén mẫu. Trước khi nén, vớt mẫu ra trước khoảng 2-3 ngày.



Hình 6. Công tác đúc mẫu bê tông

Số lượng mẫu đúc của từng tổ mẫu được thể hiện cụ thể ở bảng 5.

Bảng 5: Số lượng mẫu 150×150×150 mm cần dùng cho thí nghiệm (Viên)

(%) Vô trấu thay thế	% Muội silic	Mẫu nén 7 ngày tuổi	Mẫu nén 14 ngày tuổi	Mẫu nén 28 ngày tuổi	Mẫu lưu 28 ngày tuổi	Tổng mẫu đúc
0%	0%	3	3	3	1	160
0%	5%	3	3	3	1	
0%	10%	3	3	3	1	
0%	15%	3	3	3	1	
10%	0%	3	3	3	1	
20%	0%	3	3	3	1	
30%	0%	3	3	3	1	
10%	5%	3	3	3	1	
20%	5%	3	3	3	1	
30%	5%	3	3	3	1	
10%	10%	3	3	3	1	
20%	10%	3	3	3	1	
30%	10%	3	3	3	1	
10%	15%	3	3	3	1	
20%	15%	3	3	3	1	
30%	15%	3	3	3	1	

2.4. Quá trình kiểm tra và thử mẫu

a) Quá trình kiểm tra mẫu chịu nén.

* Đối với mẫu hình hộp vuông và hình trụ.

Theo TCVN 3118:2022, cường độ nén của từng viên mẫu bê tông được tính bằng daN/cm² theo công thức:

$$R = \alpha_{bt} \times \frac{P}{F} \tag{3}$$

Trong đó:

R: Cường độ nén, daN/cm²;

P: Tải trọng phá hoại, tính bằng daN;

F: Diện tích chịu lực nén của viên mẫu, tính bằng cm²;

α_{bt} : Hệ số tính đổi kết quả thử nén các viên mẫu bê tông kích thước khác viên mẫu chuẩn về cường độ của viên mẫu chuẩn kích thước 150×150×150 mm. Lấy giá trị $\alpha_{bt}=1$. [10]

Kết quả nén mẫu ở tuổi 7, 14 và 28 ngày mới được coi là mác của bê tông thực tế.

Công tác nén mẫu được thực hiện tại Trung tâm thí nghiệm xây dựng và môi trường của Trường ĐHXD Miền Tây, sau khi mẫu thử đạt cường độ 7, 14 và 28 ngày tuổi.

Trước khi tiến hành công tác nén mẫu, các tổ mẫu phải được kiểm tra lại kích thước, phải đảm bảo các yêu cầu về sai số hình dạng và kích thước như quy định theo Điều 6, TCVN 3105:2022. [10]

Mẫu bê tông sau khi đúc mẫu và bảo dưỡng theo đúng qui định sẽ được tiến hành nén mẫu kiểm tra cường độ mẫu.

Công tác thí nghiệm nén mẫu thử sẽ được thực hiện với thời gian 7, 14 và 28 ngày tuổi lần lượt của từng từng tổ mẫu.



Hình 7. Nén mẫu kiểm tra cường độ chịu nén.

Số lượng tổ mẫu thực hiện kiểm tra cường độ chịu nén 7 ngày tuổi là 16 tổ mẫu mỗi tổ 3 viên, 14 ngày tuổi là 16 tổ mẫu mỗi tổ 3 viên, 28 ngày tuổi là 16 tổ mẫu mỗi tổ 4 viên (1 viên lưu).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

Dựa vào kết quả thu được sau khi nén mẫu ta tiến hành đánh giá tỷ lệ cường độ chịu nén (Rn) của các mẫu được đúc với tỷ lệ vô trấu thay thế cát và hàm lượng muội silic so với kết quả bê tông cơ sở ở độ tuổi 7, 14, 28 ngày, từ đó đưa ra tỷ lệ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ chịu nén của bê tông sử dụng vô trấu thay thế cát.

Bảng 6: Cường độ chịu nén mẫu bê tông cơ sở có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Thứ tự mẫu	SN (cm)	Rn 7 ngày tuổi (MPa)		Rn 14 ngày tuổi (MPa)		Rn 28 ngày tuổi (MPa)	
				Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	Mẫu 1	4	8,51	10,07	24,30	24,93	25,52	27,44
		Mẫu 2		10,50		25,60		28,93	
		Mẫu 3		11,21		24,90		27,89	
2	BT cơ sở + 5 % Muối silic	Mẫu 1	4	10,82	10,48	25,76	26,43	29,11	28,80
		Mẫu 2		10,58		27,14		29,31	
		Mẫu 3		10,03		26,39		27,98	
3	BT cơ sở + 10 % Muối silic	Mẫu 1	6	11,43	10,88	27,22	27,93	29,94	30,24
		Mẫu 2		10,90		28,67		30,11	
		Mẫu 3		10,32		27,89		30,68	
4	BT cơ sở + 15 % Muối silic	Mẫu 1	7	9,55	10,56	28,09	28,79	30,90	30,50
		Mẫu 2		10,64		29,56		31,03	
		Mẫu 3		11,48		28,71		29,57	

Khi đưa 10% thể tích vỏ trấu thay thế cát, ta có kết quả nén mẫu như sau :

Bảng 7: Cường độ chịu nén mẫu bê tông 10% vỏ trấu có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Thứ tự mẫu	SN (cm)	Rn 7 ngày tuổi (MPa)		Rn 14 ngày tuổi (MPa)		Rn 28 ngày tuổi (MPa)	
				Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình
1	Thay thế 10% Trấu + 0 % Muối silic	Mẫu 1	3	8,75	8,98	21,87	22,44	24,06	23,78
		Mẫu 2		9,22		23,04		23,96	
		Mẫu 3		8,96		22,41		23,31	
2	Thay thế 10% Trấu + 5 % Muối silic	Mẫu 1	3	9,14	9,38	22,85	23,45	24,00	24,62
		Mẫu 2		9,63		24,08		25,28	
		Mẫu 3		9,37		23,42		24,59	
3	Thay thế 10% Trấu + 10 % Muối silic	Mẫu 1	3	9,54	9,78	23,84	24,46	26,22	26,91
		Mẫu 2		10,05		25,11		27,62	
		Mẫu 3		9,77		24,43		26,87	
4	Thay thế 10% Trấu + 15 % Muối silic	Mẫu 1	4	9,81	9,92	24,52	24,80	26,97	27,28
		Mẫu 2		10,06		25,15		27,67	
		Mẫu 3		9,89		24,74		27,21	

Khi đưa 20% thể tích vỏ trấu thay thế cát, ta có kết quả nén mẫu như sau

Bảng 8: Cường độ chịu nén mẫu bê tông 20% vỏ trấu có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Thứ tự mẫu	SN (cm)	Rn 7 ngày tuổi (MPa)		Rn 14 ngày tuổi (MPa)		Rn 28 ngày tuổi (MPa)	
				Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình
1	Thay thế 20% Trấu + 0 % Muối silic	Mẫu 1	2	7,78	7,98	19,44	19,95	21,38	21,94
		Mẫu 2		8,19		20,48		22,53	
		Mẫu 3		7,97		19,92		21,91	
2	Thay thế 20% Trấu + 5 % Muối silic	Mẫu 1	3	8,24	8,46	20,61	21,14	22,67	23,26
		Mẫu 2		8,68		21,71		23,88	
		Mẫu 3		8,45		21,12		23,23	
3	Thay thế 20% Trấu + 10 % Muối silic	Mẫu 1	4	8,71	8,94	21,77	22,34	23,95	24,57
		Mẫu 2		9,18		22,94		25,23	
		Mẫu 3		8,92		22,31		24,54	
4	Thay thế 20% Trấu + 15 % Muối silic	Mẫu 1	5	9,06	9,30	22,65	23,24	24,91	25,56
		Mẫu 2		9,54		23,86		26,25	
		Mẫu 3		9,28		23,21		25,53	

Khi đưa 30% thể tích vỏ trấu thay thế cát, ta có kết quả nén mẫu như sau :

Bảng 9: Cường độ chịu nén mẫu bê tông 30% vỏ trấu có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Thứ tự mẫu	SN (cm)	Rn 7 ngày tuổi (MPa)		Rn 14 ngày tuổi (MPa)		Rn 28 ngày tuổi (MPa)	
				Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình	Từng mẫu	T. Bình
1	Thay thế 30% Trấu + 0 % Muối silic	Mẫu 1	2	6,80	6,98	17,01	17,45	18,71	19,20
		Mẫu 2		7,17		17,92		19,71	
		Mẫu 3		6,97		17,43		19,17	
2	Thay thế 30% Trấu + 5 % Muối silic	Mẫu 1	1	7,21	7,40	18,03	18,50	19,83	20,35
		Mẫu 2		7,60		19,00		20,89	
		Mẫu 3		7,39		18,48		20,32	
3	Thay thế 30% Trấu + 10 % Muối silic	Mẫu 1	2	7,62	7,82	19,05	19,55	20,96	21,50
		Mẫu 2		8,03		20,07		22,08	
		Mẫu 3		7,81		19,52		21,47	
4	Thay thế 30% Trấu + 15 % Muối silic	Mẫu 1	3	7,93	8,13	19,82	20,33	21,80	22,37
		Mẫu 2		8,35		20,88		22,96	
		Mẫu 3		8,12		20,31		22,34	

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm mẫu bê tông cơ sở và mẫu bê tông các thành phần thay thế vỏ trấu có sự tham gia của muối silic ở tuổi 7, 14 và 28 ngày, ta có giá trị tổng hợp đánh giá từng trường hợp như sau:

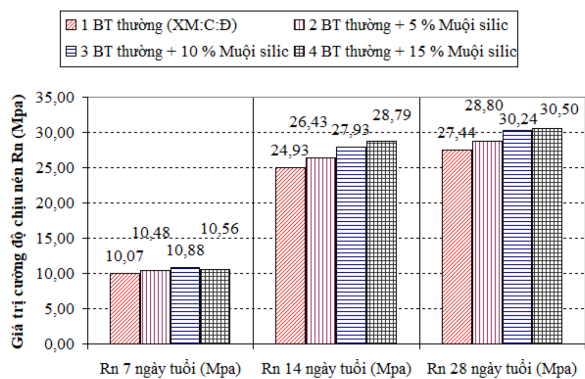
- Giá trị cường độ bê tông cơ sở khi có bổ sung hàm lượng muối silic.

Bảng 10: Mẫu bê tông cơ sở khi có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	10,07	24,93	27,44
2	BT cơ sở + 5 % Muối silic	10,48	26,43	28,80
3	BT cơ sở + 10 % Muối silic	10,88	27,93	30,24
4	BT cơ sở + 15 % Muối silic	10,56	28,79	30,50

Trên cơ sở giá trị cường độ đạt được cho thấy khi có sự tham gia của muối silic vào trong thành phần của mẫu bê tông cơ sở, sẽ làm giá trị cường độ bê tông tăng lên so với mẫu bê tông cơ sở,

Mức độ ảnh hưởng hàm lượng muối silic qua sơ đồ biểu diễn như sau:



Hình 8. Biểu đồ ảnh hưởng hàm lượng muối silic với cường độ bê tông cơ sở

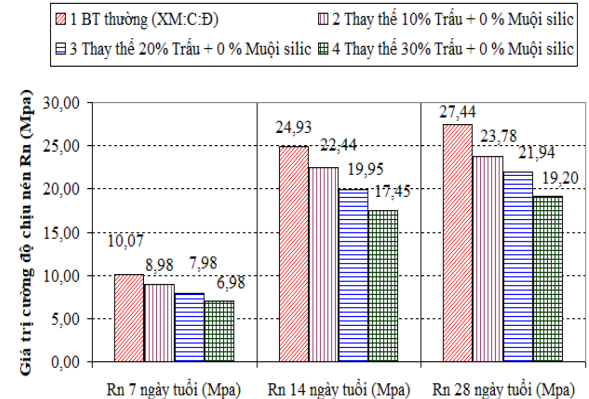
- Giá trị cường độ bê tông cơ sở khi đưa vỏ trấu thay thế cát.

Bảng 11: Mẫu bê tông thay thế cát bằng vỏ trấu

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	10,07	24,93	27,44
2	Thay thế 10% Trấu + 0 % Muối silic	8,98	22,44	23,78
3	Thay thế 20% Trấu + 0 % Muối silic	7,98	19,95	21,94
4	Thay thế 30% Trấu + 0 % Muối silic	6,98	17,45	19,20

Trên cơ sở giá trị cường độ đạt được cho thấy khi có sự tham gia của vỏ trấu vào trong thành phần của bê tông, sẽ làm giá trị cường độ bê tông giảm so với mẫu bê tông cơ sở.

Mức độ ảnh hưởng hàm lượng muối silic được thể hiện qua sơ đồ biểu diễn như sau:



Hình 9. Ảnh hưởng hàm lượng vỏ trấu thay thế cát với cường độ bê tông cơ sở

- Giá trị cường độ bê tông khi đưa 10% vỏ trấu thay thế cát, kết hợp bổ sung hàm lượng muối silic.

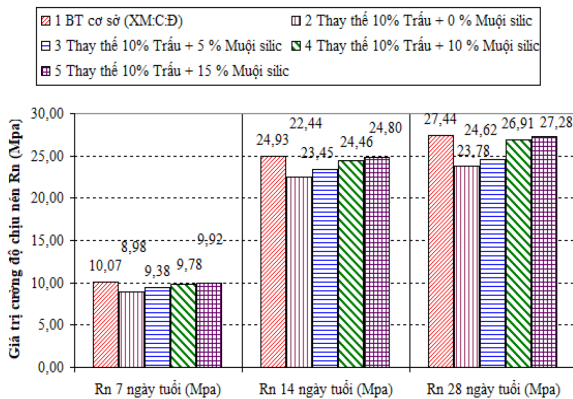
Bảng 12: Mẫu bê tông thay thế 10% cát bằng vỏ trấu có sự tham gia của muối silic

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	10,07	24,93	27,44

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)
2	Thay thế 10% Trấu + 0 % Muội silic	8,98	22,44	23,78
3	Thay thế 10% Trấu + 5 % Muội silic	9,38	23,45	24,62
4	Thay thế 10% Trấu + 10 % Muội silic	9,78	24,46	26,91
5	Thay thế 10% Trấu + 15 % Muội silic	9,92	24,80	27,28

Trên cơ sở giá trị cường độ đạt được cho thấy khi có sự tham gia của muội silic vào trong thành phần của mẫu bê tông 10% vỏ trấu thay thế cát, sẽ làm giá trị cường độ bê tông tăng so với mẫu bê tông 10% trấu + 0% muội silic giảm so với mẫu bê tông cơ sở.

Mức độ ảnh hưởng hàm lượng vỏ trấu được thể hiện qua sơ đồ biểu diễn như sau:



Hình 10. Ảnh hưởng hàm lượng muội silic đến cường độ bê tông 10% vỏ trấu thay thế cát

- Tương tự ta áp dụng cho bê tông khi đưa 20% và 30% vỏ trấu thay thế cát, kết hợp bổ sung hàm lượng muội silic, lần lượt ở bảng 13 và bảng 14.

Bảng 13: Mẫu bê tông thay thế 20% cát bằng vỏ trấu có sự tham gia của muội silic.

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi	Rn 14 ngày tuổi	Rn 28 ngày tuổi
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	10,07	24,93	27,44
2	Thay thế 20% Trấu + 0 % Muội silic	7,98	19,95	21,94

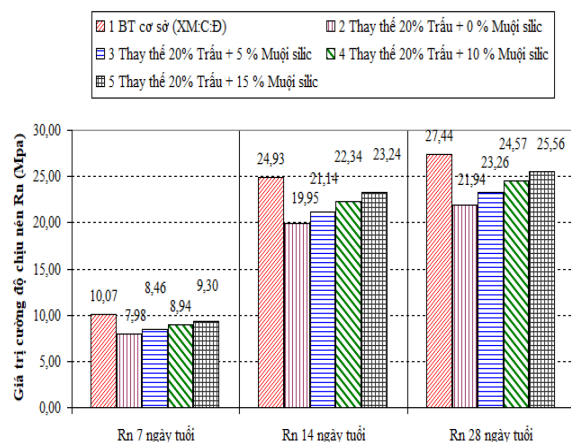
TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi	Rn 14 ngày tuổi	Rn 28 ngày tuổi
3	Thay thế 20% Trấu + 5 % Muội silic	8,46	21,14	23,26
4	Thay thế 20% Trấu + 10 % Muội silic	8,94	22,34	24,57
5	Thay thế 20% Trấu + 15 % Muội silic	9,30	23,24	25,56

Bảng 14: Mẫu bê tông thay thế 30% cát bằng vỏ trấu có sự tham gia của muội silic

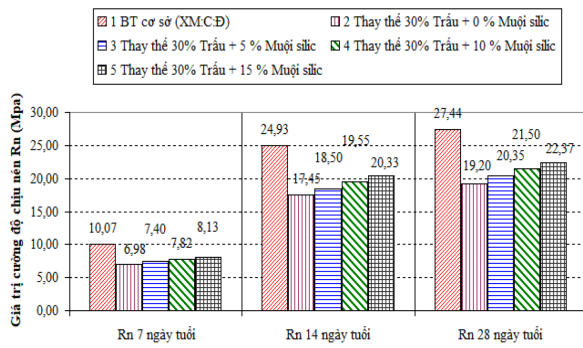
TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi	Rn 14 ngày tuổi	Rn 28 ngày tuổi
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	10,07	24,93	27,44
2	Thay thế 30% Trấu + 0 % Muội silic	6,98	17,45	19,20
3	Thay thế 30% Trấu + 5 % Muội silic	7,40	18,50	20,35
4	Thay thế 30% Trấu + 10 % Muội silic	7,82	19,55	21,50
5	Thay thế 30% Trấu + 15 % Muội silic	8,13	20,33	22,37

Trên cơ sở giá trị cường độ đạt được cho thấy với mẫu 20% và 30% trấu kết quả ảnh hưởng cũng tương tự mẫu 10%, nhưng giá trị đạt được đều thấp hơn so với mẫu bê tông cơ sở.

Mức độ ảnh hưởng hàm lượng muội silic được thể hiện qua sơ đồ biểu diễn ở hình 11 và hình 12.



Hình 11. Ảnh hưởng hàm lượng muội silic đến cường độ bê tông 20% vỏ trấu thay thế cát



Hình 12. Ảnh hưởng hàm lượng muội silic đến cường độ bê tông 30% vỏ trấu thay thế cát.

3.2. Thảo luận

Từ biểu đồ đánh mức độ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ chịu nén (Rn) của các tổ mẫu theo kết quả thí nghiệm. Trên cơ sở giá trị cường độ mẫu, nhóm tác giả tiến hành tổng hợp tỷ lệ ảnh hưởng của từng trường hợp so với mẫu cơ sở như sau:

- Mẫu bê tông cơ sở khi có sự tham gia của muội silic.

Bảng 15: Tỷ lệ % ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ bê tông cơ sở

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)	So với mẫu cơ sở
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	0%	0%	0%	
2	BT cơ sở + 5 % Muội silic	4%	6%	5%	▲ Tăng
3	BT cơ sở + 10 % Muội silic	8%	12%	10%	▲ Tăng
4	BT cơ sở + 15 % Muội silic	5%	15%	11%	▲ Tăng

- Mẫu bê tông cơ sở khi sử dụng vỏ trấu thay thế cát.

Bảng 16: Tỷ lệ % ảnh hưởng của hàm lượng vỏ trấu thay thế cát đến giá trị cường độ bê tông cơ sở

TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi MPa	Rn 14 ngày tuổi MPa	Rn 28 ngày tuổi MPa	So với mẫu cơ sở
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	0%	0%	0%	▼ Giảm
2	Thay thế 10% Trấu	-11%	-10%	-13%	▼ Giảm
3	Thay thế 20% Trấu	-21%	-20%	-20%	▼ Giảm
4	Thay thế 30% Trấu	-31%	-30%	-30%	▼ Giảm

Để tiến hành đánh giá tỷ lệ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ mẫu bê tông khi sử dụng 10%, 20%, 30% vỏ trấu thay thế cát có sự tham gia của 5%, 10%, 15% muội silic trong thành phần bê tông theo bảng 17 sau :

Bảng 17: Tỷ lệ % ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ bê tông sử dụng vỏ trấu thay thế theo tỷ lệ thể tích cát.

Số TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)	So với mẫu cơ sở
1	BT cơ sở (XM:C:Đ)	0%	0%	0%	
2	Thay thế 10% Trấu + 0 % Muội silic	-11%	-10%	-13%	▼ Giảm
3	Thay thế 10% Trấu + 5 % Muội silic	-7%	-6%	-10%	▼ Giảm
4	Thay thế 10% Trấu + 10 % Muội silic	-3%	-2%	-2%	▼ Giảm
5	Thay thế 10% Trấu + 15 % Muội silic	-1%	-1%	-1%	▼ Giảm
6	Thay thế 20% Trấu + 0 % Muội silic	-21%	-20%	-20%	▼ Giảm

Số TT	Tên mẫu bê tông	Rn 7 ngày tuổi (MPa)	Rn 14 ngày tuổi (MPa)	Rn 28 ngày tuổi (MPa)	So với mẫu cơ sở
7	Thay thế 20% Trấu + 5% Muội silic	-16%	-15%	-15%	▼ Giảm
8	Thay thế 20% Trấu + 10% Muội silic	-11%	-10%	-10%	▼ Giảm
9	Thay thế 20% Trấu + 15% Muội silic	-8%	-7%	-7%	▼ Giảm
10	Thay thế 30% Trấu + 0% Muội silic	-31%	-30%	-30%	▼ Giảm
11	Thay thế 30% Trấu + 5% Muội silic	-27%	-26%	-26%	▼ Giảm
12	Thay thế 30% Trấu + 10% Muội silic	-22%	-22%	-22%	▼ Giảm
13	Thay thế 30% Trấu + 15% Muội silic	-19%	-18%	-19%	▼ Giảm

Qua kết quả tổng hợp tỷ lệ % mức độ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic và vỏ trấu so với giá trị cường độ chịu nén mẫu bê tông cơ sở, cho thấy khi trộn trấu vào hỗn hợp bê tông, do vỏ trấu tạo ma sát lớn nên cần tăng lượng nước trộn, dẫn tới cường độ bê tông giảm đáng kể. Trong khi đó khi muội silic tham gia vào thành phần bê tông, với hàm lượng SiO₂ có trong muội silic tham gia vào quá trình đóng rắn bê tông, giúp cho cường độ bê tông tăng lên.

Kết quả nghiên cứu thể hiện rõ mức độ ảnh hưởng của hàm lượng muội silic đến giá trị cường độ bê tông, cải thiện tình trạng khi đưa vỏ trấu và thành phần cấp phối bê tông sẽ làm cường độ bê tông giảm như tác giả Bùi Linh Tâm có đề cập trong nghiên cứu "Nghiên cứu khả năng chịu lực của bê tông cốt trấu trong xây dựng đường giao thông nông thôn".

Với các cấp phối trên có thể đưa vào ứng dụng thực tế các công trình xây dựng nhà ở nông thôn, công trình đường đôn nông thôn, các bộ phận kết cấu công trình không tiếp xúc trực tiếp với nước.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thực nghiệm, cường độ chịu nén của mẫu bê tông các loại cấp phối khi đưa 5%, 10% và 15% thể tích muội silic so với thể tích xi măng tham gia vào thành phần bê tông cốt trấu, đều có giá trị cường độ chịu nén thấp hơn mẫu cơ sở được sản xuất theo quy trình đóng rắn tự nhiên 7, 14, 28 ngày tuổi, được bảo dưỡng đúng quy định với cấp độ bền bê tông B20 tương ứng mức bê tông M250.

Dựa trên giá trị cường độ chịu nén của từng tổ mẫu, nhóm tác giả có được kết luận như sau :

- Khi đưa 1% thể tích muội silic so với thể tích xi măng tham gia vào thành phần cấp bê tông cơ sở, giá trị cường độ chịu nén của bê tông ở 7, 14, 28 ngày tuổi sẽ tăng 1% ÷ 1,1%.

- Khi đưa 1% thể tích vỏ trấu thay thế thể tích cát tham gia vào thành phần cấp bê tông cơ sở, giá trị cường độ chịu nén của bê tông ở 7, 14, 28 ngày tuổi sẽ giảm 1% ÷ 1,2%.

- Tổ mẫu 10% thể tích vỏ trấu thay thế cát, với hàm lượng 5%, muội silic giá trị cường độ sẽ giảm so với mẫu bê tông cơ sở (-6%) ÷ (-9%) ; Với 10% và 15% muội silic thì cường độ bê tông tăng (0,5% ÷ 1%) và (4% ÷ 5%). Giá trị cường độ đạt được tương đương cấp độ bền B20.

- Tổ mẫu 20% thể tích vỏ trấu thay thế cát, với hàm lượng 5% , 10% , 15% muội silic giá trị cường độ sẽ giảm so với mẫu bê tông cơ sở lần lượt như sau: (-15%) ÷ (-16%); (-10%) ÷ (-11%) và (-7%) ÷ (- 8%). Với hàm lượng 5% , 10% muội silic, giá trị cường độ đạt được tương đương cấp độ bền B15. Đặc biệt với 15% muội silic, giá trị cường độ đạt được tương đương cấp độ bền B20.

- Tổ mẫu 30% thể tích vỏ trấu thay thế cát, với hàm lượng 5% , 10% , 15% muội silic giá trị cường độ sẽ giảm so với mẫu bê tông cơ sở lần lượt như sau: (-26%) ÷ (-27%) ; (-21%) ÷ (-

22%) và (-18%)÷(- 19%). Giá trị cường độ đạt được tương đương cấp độ bền B15.

*** Kiến nghị**

Tác giả xin đề xuất, để có thể đưa loại cấp phối này vào ứng dụng thực tế, đề nghị cần có nghiên cứu thêm về biện pháp xử lý chất muối thành phần hữu cơ khác của vỏ trấu.

Khi sản xuất đại trà, công đoạn gia công và xử lý ngâm bảo hòa nước và xử lý tạp chất vỏ trấu phải thực hiện kiểm tra bằng máy chuyên dụng, đảm bảo loại bỏ những hàm lượng tạp chất không cần thiết có thể gây ảnh hưởng đến quá trình đóng rắn của xi măng, ảnh hưởng đến cường độ của bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] “<https://vatlieuxaydung.org.vn/vlxd-ket-cau/be-tong/nga-phat-trien-be-tong-tu-vo-trau-than-thien-voi-moi-truong-12819>,” [Online].

[2] B. A. Tayeh, “Recycling of rice husk waste for a sustainable concrete: A critical review,,” *Journal of Cleaner Production, Volume 312*,, 20 August 2021.

[3] Khương Văn Huân, “Một số tính chất của bê tông có cốt trấu,” *Tạp chí khoa học và công*

nghệ thủy lợi số 63, 2020.

[4] Bùi Linh Tâm, “Nghiên cứu khả năng chịu lực của bê tông cốt trấu trong xây dựng đường giao thông nông thôn,” in *Kỷ yếu khoa học, Giải thưởng Sinh viên Nghiên cứu khoa học Eureka lần thứ XIX*, năm 2017.

[5] “https://vaas.vn/kienthuc/Caylua/12/38_trau.htm,” [Online].

[6] Nguyễn Văn Chính, “Ảnh hưởng của tro bay, Silica fume và môi trường dưỡng hộ đến cường độ chịu nén của bê tông,” *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, NUCE 2020. 14 (3V): 60-72*, 2020.

[7] Tiêu chuẩn Việt Nam, “TCVN 7570:2006”. *Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*.

[8] Bộ Xây dựng, “Hướng dẫn sử dụng silica fume trong bê tông,” in *Quyết định số 1536/QĐ-BXD ngày 26/11/2018 ban hành Chi dẫn kỹ thuật*, 2018.

[9] Phùng Văn Lự, *Vật liệu xây dựng*, Nhà Xuất Bản Giáo Dục Việt Nam, 2018.

[10] Tiêu chuẩn Việt Nam, “TCVN 3105:2022”. *Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.