

Nghiên cứu sử dụng tro trấu thay thế một phần xi măng trong bê tông làm đường giao thông nông thôn

Investigation into the use of rice husk ash to partially replace cement in the manufacturing of concrete for rural roads

Nguyễn Văn Long^{1,*}, Phạm Hữu Hà²

¹Nhóm nghiên cứu Xây dựng và môi trường trong phát triển bền vững (CESD), Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

²Công ty Cổ phần CIC39

*Tác giả liên hệ: vanlong.nguyen@ut.edu.vn

Tóm tắt:

Sử dụng tro trấu thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông làm đường giao thông nông thôn là một giải pháp hiệu quả, giúp giải quyết các vấn đề môi trường và giảm giá thành bê tông trong xây dựng hiện nay. Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo uốn và mô đun đàn hồi của bê tông xi măng có sử dụng tro trấu. Kết quả thí nghiệm cho thấy, các chỉ tiêu cường độ của bê tông giảm khi hàm lượng tro trấu tăng. Khi thay thế xi măng bằng tro trấu với các hàm lượng 5%, 15%, 20% và 25%, cường độ chịu nén của bê tông giảm lần lượt 5,41%, 6,51%, 7,49% và 13,91%, cường độ chịu kéo uốn giảm lần lượt 0,47%, 1,18%, 2,61% và 4,98%, mô đun đàn hồi của bê tông giảm lần lượt 5,51%, 10,19%, 11,85% và 12,4% so với mẫu đối chứng. Tuy nhiên, tất cả các cấp phối bê tông đều đạt mức M300 và có cường độ chịu kéo uốn $R_{ku} > 4,0$ MPa, do đó, phù hợp để làm tầng mặt cho tất cả các cấp đường giao thông nông thôn và đường có quy mô giao thông cấp nhẹ không có xe nặng với trục đơn >100 kN lưu thông.

Từ khóa: Bê tông; Cường độ chịu kéo uốn; Cường độ chịu nén; Mặt đường; Mô đun đàn hồi; Tro trấu.

Abstract:

An efficient method to address environmental issues and lower the price of concrete in modern construction is to use rice husk ash to partially replace cement in the manufacturing of concrete for rural roads. This study used experimental data to calculate the modulus of elasticity, compressive strength, and flexural tensile strength of cement concrete utilizing rice husk ash. Based on the obtained results, the strength parameters of concrete decreased as the rice husk ash content increased. When replacing cement with rice husk ash with the contents of 5%, 15%, 20%, and 25%: the compressive strength of concrete decreased by 5,41%, 6,51%, 7,49% and 13,91%, flexural tensile strength decreased by 0,47%, 1,18%, 2,61%, and 4,98%, and the elastic modulus of concrete decreased by 5,51%, 10,19%, 11,85%, and 12,4%, respectively, compared to the control specimen. However, all mixture types have a compressive strength of M300 grade and flexural tensile strength, $R_{ku} > 4,0$ MPa. This indicates that the mixtures containing rice husk ash are suitable to be used as a surface layer for all grades of rural roads and highways with light traffic without heavy vehicles with a single axle >100 kN in circulation.

Keywords: Concrete; Flexural tensile strength; Compressive strength; Pavement; Modulus of elasticity; Rice husk ash.

1. Giới thiệu

Việt Nam là một nước nông nghiệp với sản lượng lúa trung bình hàng năm đạt trên 40 triệu tấn. Theo [1], trung bình mỗi tấn lúa khi chế biến có thể tạo ra khoảng 200 kg vỏ trấu và 40 kg tro. Như vậy, lượng tro trấu được tạo ra ở Việt Nam là rất lớn, khoảng 1,6 triệu tấn/năm. Theo [2], tro trấu chứa khoảng 63÷98% silica, 3÷6,5% carbon và một lượng nhỏ các oxit K₂O, Na₂O, CaO, MgO và Fe₂O₃. Các hạt tro trấu có cấu trúc rỗng, tỷ diện tích bề mặt lớn và hàm lượng SiO₂ vô định hình cao nên có độ hoạt tính puzolan rất cao. Vì vậy, tro trấu đóng một vai trò khá quan trọng trong sản xuất bê tông, làm tăng độ dẻo của hồ xi măng và giảm tỉ lệ thấm nước của bê tông [3]. Việc sử dụng tro trấu để thay thế một phần xi măng trong bê tông vừa giúp hạ giá thành vật liệu, vừa đảm bảo đầu ra cho nguồn phế thải nông nghiệp này, đồng thời giảm lượng khí CO₂ thải ra môi trường trong quá trình sản xuất xi măng. Đã có nhiều nghiên cứu về bê tông xi măng sử dụng tro trấu được thực hiện và hầu hết đều cho kết quả khả quan [3]-[8].

Nghiên cứu [3] cho thấy, cường độ của bê tông có sử dụng tro trấu và phụ gia siêu dẻo cao hơn so với bê tông đối chứng, ở tỷ lệ N/CKD = 0,3 và hàm lượng tro trấu 25%, có thể đạt 1000 daN/cm² ở 28 ngày tuổi. Ngoài ra, bê tông tro trấu có tốc độ phát triển cường độ nhanh hơn và hệ số thấm nhỏ hơn so với mẫu đối chứng. Các tác giả tại [4] chỉ ra rằng, hàm lượng tro trấu thay thế xi măng có thể lên tới 30% vẫn không làm ảnh hưởng xấu tới cường độ và khả năng chống thấm của bê tông. Trên cơ sở tổng quan các nghiên cứu đã được thực hiện, nhóm tác giả tại [5] đã đi đến kết luận rằng, tro trấu có thể làm giảm hiệu ứng nhiệt độ xảy ra trong quá trình hydrat hóa xi măng, giúp cải thiện cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo uốn của bê tông. Ngoài ra, cường độ của bê tông tro trấu cũng phát triển nhanh hơn so với bê tông thông thường. Các tác giả tại [7] đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến cường độ chịu nén của bê tông tro trấu. Kết quả cho thấy, các mẫu bê tông tro trấu và bê tông thông thường đều có cường độ bằng 0 ở nhiệt độ 1000°C. Điều đó chứng tỏ bê tông không thể chịu được nhiệt độ từ 1000°C trở lên. Nhóm tác giả tại [8] đã nghiên cứu

ảnh hưởng của kích thước hạt xi măng và tro trấu đến cường độ chịu nén của bê tông tính năng cao. Các kết quả nghiên cứu chứng minh rằng việc thay thế một phần xi măng bằng tro trấu dẫn đến lượng nước cần sử dụng tăng lên, tuy nhiên điều này có thể được bù đắp bằng việc sử dụng phụ gia siêu dẻo. Ngoài ra, đối với xi măng và tro trấu càng mịn, hiệu ứng bất lợi này càng rõ rệt. Bài báo này trình bày kết quả thí nghiệm trong phòng xác định cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo uốn và mô đun đàn hồi của bê tông xi măng có sử dụng tro trấu với các hàm lượng khác nhau. Qua đó, các tác giả kiến nghị hàm lượng tro trấu hợp lý để thay thế xi măng trong bê tông làm đường giao thông nông thôn.

2. Nghiên cứu thực nghiệm

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Đá dăm được lấy từ mỏ đá Phước Vĩnh, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương với các kích cỡ 5x10 mm và 10x20 mm. Công tác lấy mẫu đá thí nghiệm được thực hiện theo các yêu cầu trong tiêu chuẩn TCVN 7572-1:2006 [9]. Đá dăm có thành phần hạt được thể hiện trong bảng 1 và các chỉ tiêu cơ lý trong bảng 2. Kết quả thí nghiệm cho thấy, đá dăm đạt các yêu cầu theo TCVN 7570:2006 [10] để làm cốt liệu cho bê tông.

Bảng 1. Thành phần hạt của đá dăm.

Cỡ sàng	Lượng trên sàng	Lượng lọt sàng	Lượng sót tích lũy trên sàng Theo TCVN 7570:06
mm	(%)	(%)	(%).
40	0,0	100,0	0
20	4,7	95,3	0 – 10
10	59,5	40,5	40 – 70
5	95,7	4,3	90 – 100

Bảng 2. Tính chất cơ lý của đá dăm.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	11,41
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,737

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,476
Cường độ đá theo thí nghiệm nén đập	MPa	100
Hàm lượng chung bụi, bùn sét	%	0,43
Hệ số hóa mềm	-	0,98

Cát sông được lấy từ mỏ cát ở huyện Dầu Tiếng. Việc lấy mẫu thí nghiệm được thực hiện theo các quy định của tiêu chuẩn TCVN 7572-1:2006 [9]. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của cát được tổng hợp trong bảng 3. Các kết quả thí nghiệm cho thấy, mẫu cát dùng trong nghiên cứu này thỏa mãn theo yêu cầu của TCVN 7570:2006 [10].

Bảng 3. Tính chất cơ lý của cát.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
Độ ẩm	%	4,82
Mô đun độ lớn	-	2,38
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,613
Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,386
Sét cục và tạp chất dạng sét	%	0
Hàm lượng chung bụi, bùn sét	%	1,60
Hàm lượng mi ca	%	0,71
Hàm lượng chất hữu cơ	-	Đạt
Thành phần hạt	-	Đạt

Xi măng Hà Tiên Becamex PCB 40 có các chỉ tiêu cơ lý trong bảng 4, thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 6260:2020 [11].

Bảng 5. Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông M300.

Cấp phối	Tro trấu (%)	Tro trấu (kg)	XM (kg)	Cát (kg)	Đá 1x2 (kg)	Nước (kg)	Độ sụt (cm)
CP1	0	0	444	587	1190	199	9,5
CP2	5	22.2	421,8	587	1190	199	8,9
CP3	15	66.6	377,4	587	1190	199	8,7
CP4	20	88.8	355,2	587	1190	199	8,6
CP5	25	111	333	587	1190	199	8,2

Bảng 4. Tính chất cơ lý của xi măng.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
Độ dẻo tiêu chuẩn N/XM	%	30
Thời gian bắt đầu ninh kết	Phút	112
Thời gian kết thúc ninh kết	Phút	199
Độ mịn (phần còn lại trên sàng 0,09 mm)	%	0,862
Khối lượng riêng	g/cm ³	3,097

Vỏ trấu từ cơ sở xay xát lúa gạo ở tỉnh Long An được đem đốt, sau đó nghiền tro trấu bằng máy nghiền bi rung trong thời gian 30-35 phút cho đến khi mịn và đều.

2.2. Thành phần cấp phối bê tông

Với mong muốn sử dụng tro trấu thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông làm đường giao thông nông thôn, nghiên cứu này được thực hiện với bê tông mác 300 (M300) và độ sụt 8÷10 cm. Thành phần cấp phối bê tông được thiết kế theo chỉ dẫn kỹ thuật tại Quyết định 778/1998/QĐ-BXD [12]. Tham khảo các nghiên cứu [5], [7], [8], các tác giả lựa chọn hàm lượng tro trấu lần lượt là 5%, 15%, 20% và 25% so với khối lượng của xi măng. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã tiến hành tính toán thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông mác M300 với các hàm lượng tro trấu khác nhau như sau: CP1: 100% xi măng (mẫu đối chứng), CP2: 5% tro trấu và 95% xi măng, CP3: 15% tro trấu và 85% xi măng, CP4: 20% tro trấu và 80% xi măng và CP5: 25% tro trấu và 75% xi măng. Kết quả tính toán thành phần cấp phối bê tông được tổng hợp trong bảng 5.

2.3. Chế bị mẫu và thí nghiệm

Các tác giả đã tiến hành trộn và thí nghiệm kiểm tra độ sụt của các cấp phối bê tông như đã tính toán ở trên. Kết quả thí nghiệm cho thấy các cấp phối bê tông thiết kế đều có giá trị độ sụt nằm trong khoảng đã lựa chọn thiết kế là 8÷10 cm. Công tác chế bị và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cường độ của bê tông được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 3105:1993 [13] (hình 1).



Hình 1. Đúc mẫu thí nghiệm.

Mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén ($R_{nén}$) là mẫu lập phương với các kích thước 15x15x15 cm. Mẫu thí

Bảng 7. Tổng hợp kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ ở 28 ngày tuổi của bê tông.

Chỉ tiêu cường độ	Loại cấp phối bê tông									
	CP1		CP2		CP3		CP4		CP5	
	Từng mẫu	Trung bình	Từng mẫu	Trung bình	Từng mẫu	Trung bình	Từng mẫu	Trung bình	Từng mẫu	Trung bình
$R_{nén}$, MPa	33,6		32,3		31,8		30,9		29,6	
	36	33,80	32,4	31,97	31,1	31,60	31,3	31,27	28,7	29,10
	31,8		31,2		31,9		31,6		29	
R_{kt} , MPa	4,25		4,23		4,16		4,11		4,01	
	4,23	4,22	4,21	4,20	4,2	4,17	4,15	4,11	4,01	4,01
	4,17		4,15		4,15		4,08		4,01	
$E_{đh}$, $\times 10^4$ MPa	3,63		3,41		3,2		3,2		3,18	
	3,61	3,63	3,45	3,43	3,26	3,26	3,18	3,20	3,16	3,18
	3,65		3,44		3,31		3,23		3,19	

nhệm cường độ chịu kéo uốn (R_{kt}) là mẫu lăng trụ có các kích thước 15x15x60 cm. Mẫu thí nghiệm mô đun đàn hồi tĩnh ($E_{đh}$) là mẫu hình trụ có đường kính 15 cm và chiều cao 30 cm. Số lượng mẫu thí nghiệm được tổng hợp trong bảng 6.

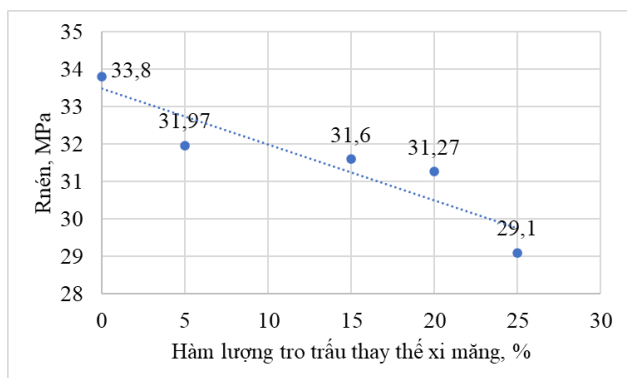
Bảng 6. Tổng hợp mẫu thí nghiệm.

Chỉ tiêu	Loại cấp phối bê tông				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
$R_{nén}$	3	3	3	3	3
R_{kt}	3	3	3	3	3
$E_{đh}$	3	3	3	3	3

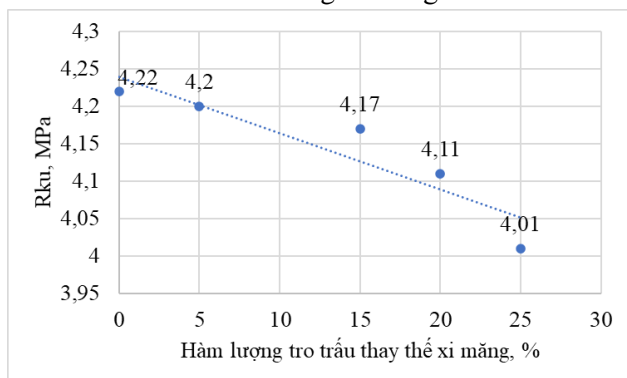
Các tác giả đã tiến hành thí nghiệm sau khi các mẫu được bảo dưỡng đủ 28 ngày theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 3105:1993 [13].

3. Kết quả thí nghiệm và đánh giá

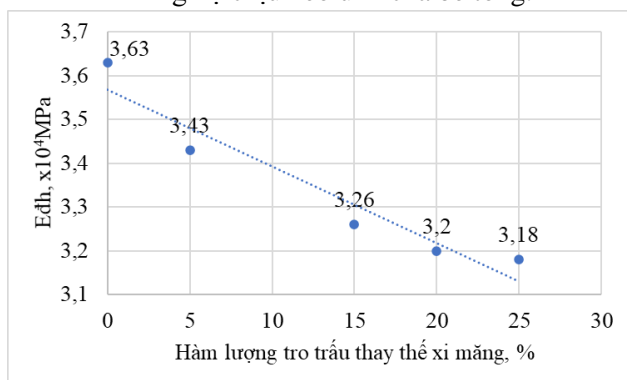
Tổng hợp kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ của bê tông với các hàm lượng tro trấu khác nhau được thể hiện trong bảng 7 và các hình 2 – 4.



Hình 2. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông xi măng.



Hình 3. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo uốn của bê tông.



Hình 4. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của bê tông.

Kết quả thí nghiệm trong bảng 7 và các hình 2 – 4 cho thấy các chỉ tiêu cường độ của bê tông giảm khi hàm lượng tro trấu tăng trong khoảng 0-25%. Cụ thể, khi thay thế xi măng bằng tro trấu với các hàm lượng 5%, 15%, 20% và 25%:

- Cường độ chịu nén của bê tông giảm lần lượt 5,41%, 6,51%, 7,49% và 13,91% so với mẫu đối chứng. Tuy nhiên, tất cả các cấp phối bê tông đều đạt mức M300 ($R_{nén} > 28,90$ MPa), do đó, phù hợp để làm tầng mặt cho tất cả các cấp đường giao thông nông thôn theo [14];

- Cường độ chịu kéo uốn của bê tông giảm lần lượt 0,47%, 1,18%, 2,61% và 4,98% so với mẫu đối chứng. Tất cả các cấp phối bê tông đều có cường độ chịu kéo uốn $R_{ku} > 4,0$ MPa, vì vậy, phù hợp để làm tầng mặt cho tất cả các cấp đường giao thông nông thôn theo [14] và đường có quy mô giao thông cấp nhẹ không có xe nặng với trục đơn >100 kN lưu thông theo [15];

- Mô đun đàn hồi của bê tông giảm lần lượt 5,51%, 10,19%, 11,85% và 12,4% so với mẫu đối chứng.

4. Kết luận

Với các điều kiện về vật liệu và thí nghiệm như tài liệu, nhóm tác giả rút ra một số kết luận sau:

- Bê tông xi măng sử dụng tro trấu với hàm lượng trong khoảng 5-25% thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật để làm lớp mặt cho tất cả các cấp đường giao thông nông thôn theo [14];

- Việc sử dụng tro trấu thay thế xi măng trong sản xuất bê tông làm đường giao thông nông thôn là một giải pháp hiệu quả, vừa góp phần giải quyết các vấn đề về môi trường, vừa giảm giá thành bê tông trong xây dựng hiện nay;

- Trên cơ sở kết quả nghiên cứu của nhóm và tham khảo các tài liệu [5], [7], [8], nhằm đảm bảo hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, nhóm kiến nghị sử dụng tro trấu thay thế xi măng với hàm lượng 15-25% trong hỗn hợp bê tông làm đường giao thông nông thôn.

Tài liệu tham khảo

- [1] I. H Ling, D. C. Teo; “Reuse of waste rice husk ash and expanded polystyrene beads as an alternative raw material in lightweight concrete bricks”. International Journal of Chemical and Environmental Engineering. 2011; 2(5):328-332.
- [2] Bronzeoak Ltd.; “Rice husk ash market study, Department of Trade and Industry (DTI)”. London, UK; 2003.
- [3] V. N. Toàn; “Nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu và phụ gia siêu dẻo tới tính chất của hồ, vữa và bê tông”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng số. 2013; 3+4/2013. Available: <http://ibst.vn/DATA/>

- nhyen/Ngo%20Van%20Toan.pdf. Ngày truy cập: 25/01/2023.
- [4] K. Ganesan, K. Rajagopal, K. Thangavel; “Rice husk ash blended cement: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete”. *Construction and Building Materials*. 2008; 22(8): 1675-1683.
- [5] A. N. Givi, S. A. Rashid, F. Nora, A. Aziz, M. Amran and M. Salleh; “Contribution of rice husk ash to the properties of mortar and concrete: A review”. *Journal of american science*. 2010; 6(3): 157-165.
- [6] D. V. Dong, P. D. Huu, N. Lan; “Effect of rice husk ash on properties of high strength concrete”. *The 3rd ACF International conference*; 11-13 November 2008; Ho Chi Minh City, Vietnam. 2008; pp. 442-449.
- [7] P. Kumar, N. Venugopal and P. Rao; “Studies on the determination of compressive strengths of different grades of rice husk ash – an ecofriendly concrete”. *Journal of Environmental Protection*. 2013; 4(4):329-332.
- [8] D. D. Bui, J. Hu and P. Stroeven; “Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded portland cement concrete”. *Cement & Concrete composites*. 2005; 27(3):357-366.
- [9] Bộ Khoa học và Công nghệ; “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 1: Lấy mẫu”; TCVN 7572-1:2006; Hà Nội, Việt Nam; 2006.
- [10] Bộ Khoa học và Công nghệ; “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật”; TCVN 7570:2006; Hà Nội, Việt Nam; 2006.
- [11] Bộ Khoa học và Công nghệ; “Xi măng poóc lăng hỗn hợp”; TCVN 6260:2020; Hà Nội, Việt Nam; 2020.
- [12] Bộ Xây dựng; “Chỉ dẫn kỹ thuật Ngành Xây dựng”; Quyết định 778/1998/QĐ-BXD ngày 04/09/1998; Hà Nội, Việt Nam; 1998.
- [13] Bộ Khoa học và Công nghệ; “Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử”; TCVN 3105:1993; Hà Nội, Việt Nam; 1993.
- [14] Bộ Giao thông vận tải; “Hướng dẫn thực hiện tiêu chí giao thông thuộc bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới/xã nông thôn mới nâng cao và huyện nông thôn mới/huyện nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025”; Quyết định số 932/QĐ-BGTVT ngày 18/7/2022; Hà Nội, Việt Nam; 2022.
- [15] Tổng cục Đường bộ Việt Nam; “Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông”; TCCS 39:2022/TCĐBVN; Hà Nội, Việt Nam; 2022.