

Nghiên cứu sử dụng tro trấu nghiền mịn (RHA) thay thế một phần silica fume (SF) để chế tạo UHPC

Research using rice husk ash (RHA) to replace a part of silica fume (SF) for producing UHPC

> TS TRẦN BÁ VIỆT¹, TS NGUYỄN VĂN XUÂN², TS NGÔ VĂN THỨC², KS LƯƠNG TIẾN HÙNG³

¹ Phó Chủ tịch Hội bê tông Việt Nam - VCA; Email: vietbach57@yahoo.com

² Trường Đại học Xây dựng Miền Tây.

³ LAS-XD 468, Công ty CP Sáng tạo và CGCN Việt Nam.

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về tính khả thi của việc sử dụng tro trấu nghiền mịn thay thế cho một phần hàm lượng Silica fume để chế tạo UHPC với các chỉ tiêu thử nghiệm sau: độ chảy xòe, hàm lượng bọt khí, cường độ chịu nén, Modul đàn hồi, cường độ chịu kéo và cường độ chịu uốn.

Từ khóa: UHPC; tro trấu nghiền mịn - RHA; Silica Fume - SF; sợi thép; bảo dưỡng nhiệt ẩm; độ chảy xòe; hàm lượng bọt khí; cường độ chịu nén; cường độ chịu kéo; cường độ chịu uốn; Modul đàn hồi.

ABSTRACT:

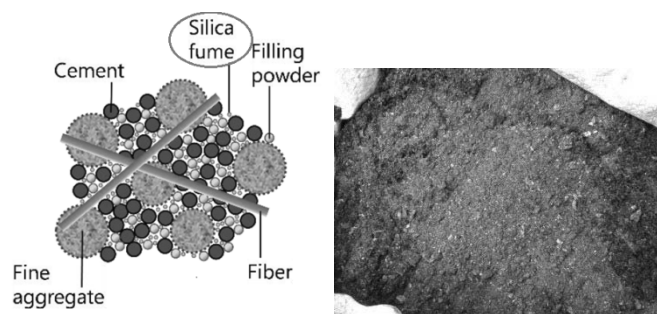
This paper presents research results on the feasibility of using rice husk ash to replace a part of Silica fume content to make UHPC with the following test criteria: flow, air bubble content, compressive strength, Modulus of elasticity, tensile strength and flexural strength.

Keywords: UHPC; rice husk ash - RHA; Silica fume - SF; micro steel fiber; heat moisture curing; flow; air bubble content; compressive strength; tensile strength; flexural strength; Modulus of elasticity.

I. THÔNG TIN CHUNG

UHPC thể hiện sự vượt trội về các đặc tính như cường độ và độ dẻo dai, độ bền lâu với cường độ chịu nén lên tới 200 MPa, kéo 17 MPa, modul đàn hồi 55 Gpa.

Vật liệu thành phần thường được sử dụng để sản xuất UHPC tại Việt nam hiện nay bao gồm: xi măng PC, cát thạch anh, Silica Fume, phụ gia siêu dẻo, sợi thép cường độ cao. Tuy nhiên giá thành của Silica Fume hiện nay tương đối cao đã đẩy chi phí sản xuất UHPC lớn hơn rất nhiều so với bê tông thường. Để có thể thúc đẩy UHPC ứng dụng rộng rãi, nên tìm ra một loại vật liệu thay thế vừa có tính chất tương đương với Silica Fume mà giá thành lại thấp hơn.



Hình 1. Cấu trúc đá UHPC và tro trấu nghiền mịn tại Đồng bằng sông Cửu Long

Tro trấu nghiền mịn là một nguyên liệu tốt và sẵn có, có thể cho chúng ta một giải pháp khả thi để sử dụng thay thế một phần Silica Fume trong ngành Xây dựng. Tro trấu nghiền mịn là phụ gia khoáng thuộc nhóm hoạt tính mạnh, đã được đưa vào TCVN 8827:2020, có yêu cầu chỉ số hoạt tính đối với xi măng so với mẫu đối chứng ở tuổi 7 ngày vượt 85%. Về mặt khoa học khi được sử dụng trong UHPC, tro trấu nghiền mịn sẽ tạo ra Hydro Silicat và hiệu ứng lấp đầy giúp tăng tính chất cơ học cho UHPC.

Đồng bằng sông Cửu Long là vựa lúa lớn nhất Việt Nam nên đó là nơi có sẵn nguồn tro trấu chất lượng tương đối cao, theo ước tính khối lượng tro trấu tại nơi đây lên tới 0,9 triệu tấn/năm. Hiện nay việc ứng dụng tro trấu vào ngành Xây dựng vẫn chưa hiệu quả, gây lãng phí mặc dù có giá thành rất rẻ và nguồn nguyên liệu sẵn có.

Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng tro trấu nghiền mịn ở Đồng bằng sông Cửu Long thay thế một phần Silica Fume để chế tạo UHPC cho các cấu kiện sẽ đem lại hiệu quả rất lớn về cả kinh tế và kỹ thuật trong tương lai gần.

II. TIÊU CHUẨN - VẬT LIỆU

1. Tiêu chuẩn, phương pháp nghiên cứu

- TCVN 2682:2009, Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 8827:2020, Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silica fume và Tro trấu nghiền mịn.
- TCVN 9036:2011, Nguyên liệu để sản xuất thủy tinh - Cát - Yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 12392-1:2018, Sợi cho bê tông - Phần 1: Sợi thép.
- TCCS 02:2017/IBST, Bê tông tính năng siêu cao UHPC - hướng dẫn thiết kế kết cấu.

- NF P18-470, Concrete - Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPC) - Specifications, performance, production and conformity.

- ASTM C230/C230M-21, Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement.

- ASTM C469/C469M-14e1, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

2. Vật liệu thành phần

Bảng 1. Kết quả kiểm tra các tính chất cơ lý của Silica Fume và tro trấu nghiền mịn

Nội dung		Đơn vị	Kết quả
Silica fume (SF)	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,22
	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	310
	Độ ẩm	%	2,6
	Hàm lượng mất khi nung	%	0,6
	Hàm lượng SiO ₂	%	91,6
	Chỉ số hoạt tính cường độ tuổi 7 ngày	%	118
Tro trấu nghiền mịn (RHA)	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,26
	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	480
	Độ ẩm	%	2,3
	Hàm lượng mất khi nung	%	1,92
	Hàm lượng SiO ₂	%	87,4
	Chỉ số hoạt tính cường độ tuổi 7 ngày	%	115

Ngoài ra:

- Xi măng PC 40 đáp ứng TCVN 2682:2009, "Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật".

- Cát thạch anh đáp ứng TCVN 9036:2011, "Nguyên liệu để sản xuất thủy tinh - Cát - Yêu cầu kỹ thuật".

- Sợi thép mạ đồng cường độ cao đáp ứng TCVN 12392-1:2018, "Sợi cho bê tông - Phần 1: Sợi thép".

3. Cấp phối đánh giá

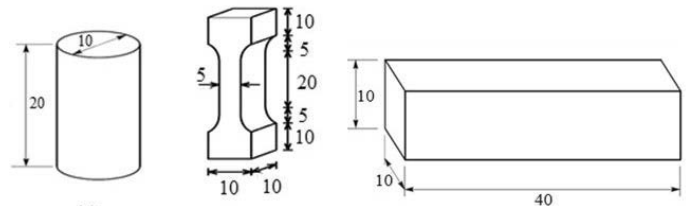
Bảng 2. Cấp phối đánh giá UHPC/RHA-SF

Tên vật liệu	Đơn vị	Các cấp phối		
		5%RHA-15%SF	10%RHA-10%SF	15%RHA-5%SF
Tổng chất kết dính	kg	1128,0	1128,0	1128,0
Cát thạch anh	kg	1035,0	1035,0	1035,0
Sợi thép	kg	155,0	155,0	155,0
Phụ gia/CKD	%	2,4	2,4	2,4
N/CKD	-	0,165		
RHA/Xi măng	%	5,0	10,0	15,0
SF/Xi măng	%	15,0	10,0	5,0



Hình 2. Thiết bị trộn tăng cường UHPC tốc độ cao tại phòng thí nghiệm. Các mẫu thí nghiệm tính chất cơ lý có kích thước như sau:

- Cường độ chịu nén, Modul đàn hồi: mẫu trụ d10xh20 cm;
- Cường độ chịu kéo: mẫu 5x10x50 cm;
- Cường độ chịu uốn: mẫu lập phương 10x10x40 cm;



Hình 3. Kích thước của các mẫu thử nghiệm nén, kéo, uốn trong nghiên cứu này

III. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Các tính chất của hỗn hợp UHPC

Bảng 3. Kết quả kiểm tra các tính chất của các mẫu hỗn hợp UHPC/RHA-SF sau trộn

Chỉ tiêu	Đơn vị	5%RHA-15%SF	10%RHA-10%SF	15%RHA-5%SF
Độ chảy xòe (Cone ASTM C230)	cm	18,3	22,7	24,9
Khối lượng thể tích	kg/m ³	2450	2455	2545
Hàm lượng bọt khí	%	3,1	2,9	3,2



Hình 4. Các thử nghiệm liên quan đến tính công tác của các mẫu hỗn hợp UHPC/RHA-SF

2. Các tính chất của UHPC

Các mẫu thử nghiệm được bảo dưỡng ẩm tự nhiên trong 24 giờ đầu sau khi đúc và làm phẳng mặt. Sau đó, các mẫu tiếp tục được bảo dưỡng nhiệt ẩm ở 80°C trong 72 giờ tiếp theo.

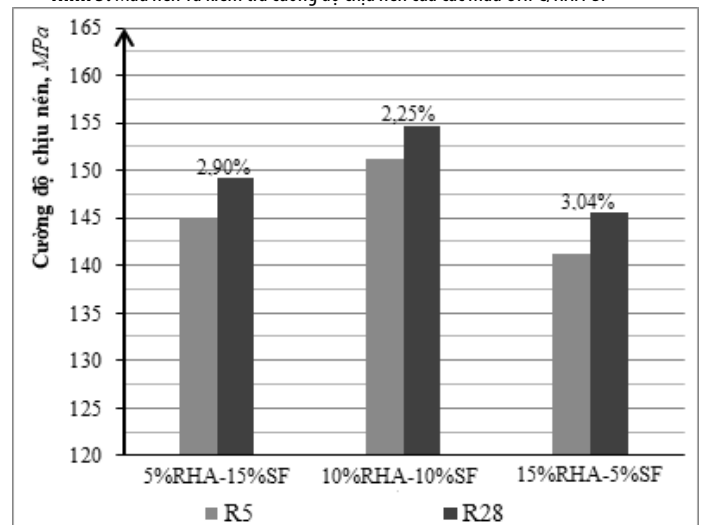
a) Cường độ chịu nén

Bảng 4. Kết quả kiểm tra cường độ chịu nén của các mẫu UHPC/RHA-SF

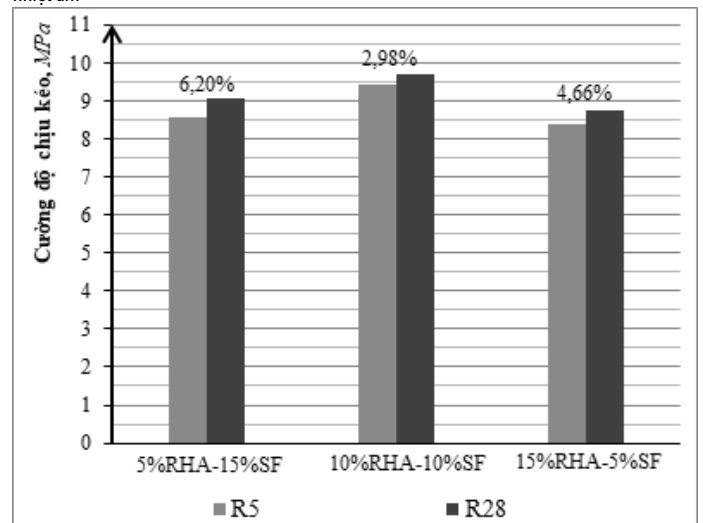
Tuổi mẫu	Đơn vị	5%RHA-15%SF	10%RHA-10%SF	15%RHA-5%SF
R5 (sau hấp 72h)	MPa	147,5	156,1	143,7
		143,9	151,5	139,2
		143,2	147,9	140,5
		147,6	156,3	142,5
		143,0	148,7	142,1
		144,8	147,2	139,9
		145,0	151,2	141,3
R28 (sau hấp 72h)	MPa	150,6	156,9	145,5
		145,7	151,3	144,6
		148,7	149,8	145,0
		150,3	157,6	148,9
		151,5	152,5	146,2
		148,6	159,3	143,5
		149,2	154,6	145,6
Modul đàn hồi	GPa	48,77	47,83	46,91
		47,52	49,16	45,58
		48,15	48,50	46,25
Hệ số Poison's	-	0,21	0,21	0,20
		0,19	0,21	0,19
		0,19	0,21	0,19



Hình 5. Mẫu nén và kiểm tra cường độ chịu nén của các mẫu UHPC/RHA-SF



Hình 6. Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu UHPC/RHA-SF sau bảo dưỡng nhiệt ẩm



Hình 7. Sự phát triển cường độ chịu kéo của các mẫu UHPC/RHA-SF sau bảo dưỡng nhiệt ẩm

b) Cường độ chịu kéo, cường độ chịu uốn

Bảng 5. Kết quả kiểm tra cường độ chịu kéo của các mẫu UHPC/RHA-SF

Kí hiệu mẫu	Tuổi mẫu	Đơn vị	Vết nứt đầu tiên		Giá trị phá hủy		
5%RHA-15%SF	R5 (Sau hấp 72h)	MPa	6,33	6,51	8,81	8,55	
			6,41		8,29		
			6,78		8,54		
		%	76,1				
	R28 (Sau hấp 72h)	MPa	6,71	6,79	8,90	9,08	
			7,09		9,06		
			6,57		9,27		
			%	74,8			
	10%RHA-10%SF	R5 (Sau hấp 72h)	MPa	6,95	6,98	9,51	9,41
				7,12		9,38	
6,88				9,34			
		%	74,2				
R28 (Sau hấp 72h)		MPa	7,39	7,18	9,67	9,69	
			7,13		9,91		
			7,01		9,48		
		%	74,1				
15%RHA-5%SF		R5 (Sau hấp 72h)	MPa	6,14	6,23	8,34	8,37
				5,96		8,09	
	6,58			8,68			
		%	74,4				
	R28 (Sau hấp 72h)	MPa	6,82	6,75	8,59	8,76	
			6,50		8,81		
			6,93		8,89		
		%	77,1				

Bảng 6. Kết quả kiểm tra cường độ chịu uốn của các mẫu UHPC/RHA-SF

Kí hiệu mẫu	Tuổi mẫu	Đơn vị	Vết nứt đầu tiên		Giá trị phá hủy	
5%RHA-15%SF	R28 (Sau hấp 72h)	MPa	18,52	18,58	25,37	25,46
			19,02		26,04	
			18,19		24,96	
Vết nứt đầu tiên/giá trị phá hủy		%	72,98			
10%RHA-10%SF	R28 (Sau hấp 72h)	MPa	18,93	18,88	27,91	26,93
			19,26		25,46	
			18,45		27,42	
Vết nứt đầu tiên/giá trị phá hủy		%	70,11			
15%RHA-5%SF	R28 (Sau hấp 72h)	MPa	18,28	18,15	24,65	23,97
			18,62		24,37	
			17,56		22,89	
Vết nứt đầu tiên/giá trị phá hủy		%	75,72			

IV. KẾT LUẬN

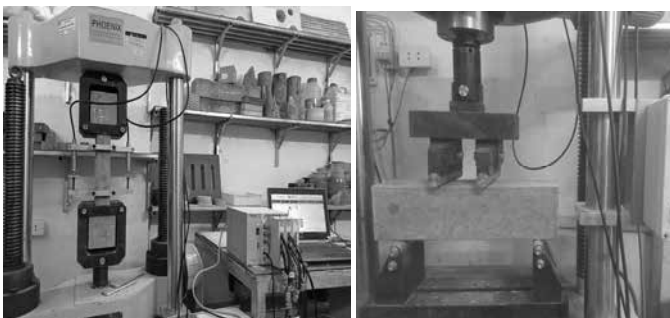
- Tro trấu đạt tiêu chuẩn TCVN 8827:2020 và có thể sử dụng thay thế một phần Silica Fume để chế tạo bê tông siêu tính năng UHPC.

- Trong nghiên cứu này cho thấy tỉ lệ đạt hiệu quả cao nhất là RHA thay thế 50% SF có trong hỗn hợp thành phần UHPC (10%RHA-10%SF) với cấp cường độ **150/9,5/26** MPa

- Sử dụng tro trấu để chế tạo bê tông siêu tính năng - UHPC đem lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao trong việc sản xuất các cấu kiện và dầm cầu, đặc biệt là khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- FHWA TechNote HRT-11-038, Ultra-High Performance Concrete;
- Properties of Field-Cast UHPC-Class Materials;
- FHWA-HRT-18-036, Properties and Behavior of UHPC-Class Material;
- ACI 239C-2018, Emerging Technology Report (ETR) The Structural Design of Ultra-High Performance Concrete;
- FHWA-HRT-06-103, Material Property Characterization of Ultra-High Performance Concrete;
- ASTM C1609/C1609M-19a, Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third - Point Loading);
- ASTM C1579-21, Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert);



Hình 8. Thử nghiệm cường độ chịu kéo và chịu uốn của các mẫu UHPC/RHA-SF