

Nghiên cứu ảnh hưởng của sợi hỗn hợp đến một số tính chất của UHPC

Researching the effect of hybrid fiber on some properties of UHPC

> TS TRẦN BÁ VIỆT ¹, KS LƯƠNG TIẾN HÙNG ², KS TRẦN BÁ TÚ ²

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

² Công ty CP Sáng tạo và CGCN Việt Nam.

TÓM TẮT:

UHPC là một vật liệu tương lai của ngành Xây dựng trong thế kỷ 21, để có thể ứng dụng ngày một rộng rãi hơn thì UHPC cần phải đạt được hiệu quả lớn về cả kinh tế lẫn kỹ thuật. Điều này bị chi phối bởi nhiều yếu tố như giá thành của nguyên vật liệu đầu vào, đặc biệt là cốt sợi thép cường độ cao. Để giúp nâng cao hiệu quả kinh tế của UHPC, có thể sử dụng sợi hỗn hợp. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của tỉ lệ thành phần hỗn hợp sợi (2 loại sợi thép) đến tính chất của UHPC.

Từ khoá: UHPC; sợi thép mạ đồng cường độ cao; sợi thép 2D, sợi thép 3D; sợi hỗn hợp; bảo dưỡng nhiệt ẩm; độ chảy xoè; cường độ chịu nén; cường độ chịu kéo.

ABSTRACT:

UHPC is a future material of the construction industry in the 21st century. In order to be applied more and more widely in the construction industry in Vietnam, UHPC needs to achieve great efficiency in both economic and technical terms. This is influenced by many factors such as the cost of input materials, especially high-strength steel fiber reinforcement. To help improve the economic efficiency of UHPC, mixed yarns can be used. This paper presents research results on the influence of the ratio of fiber mixture composition (2 types of steel fibers) on the properties of UHPC.

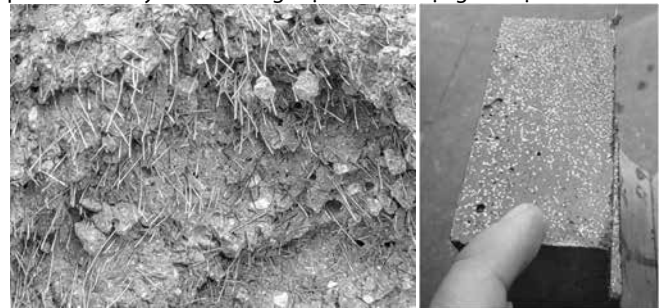
Keywords: UHPC; high strength copper clad steel fiber; 2D steel fiber; 3D steel fiber; fiber hybrid; heat moisture curing; flow; compressive strength; tensile strength.

I. TỔNG QUAN

Những tiến bộ về khoa học công nghệ vật liệu bê tông tại Việt Nam trong hơn mười năm gần đây đã dẫn đến sự phát triển nhanh chóng của một loại vật liệu tổng hợp gốc xi măng có hiệu suất rất cao, đó là bê tông siêu tính năng (UHPC).

Nhờ có các đặc tính cơ học và độ bền lâu vượt trội hơn nhiều so với bê tông thông thường hay các loại bê tông khác nên UHPC trở thành một sự lựa chọn hợp lý để sử dụng trong xây dựng hạ tầng giao thông và dân dụng - công nghiệp.

Ngoài sự phân cấp tối ưu thành phần của các nguyên vật liệu dạng hạt cùng tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) thấp, để sản xuất được UHPC đạt hiệu quả lớn về cả kinh tế lẫn kỹ thuật thì rất cần quan tâm đến yếu tố “chủng loại và hàm lượng cốt sợi”.



Hình 1. Sự phân tán sợi thép trong cấu trúc UHPC

Cốt sợi sử dụng trong công nghệ chế tạo UHPC tại Việt Nam hiện nay là sợi thép cường độ cao (≥ 2400 Mpa) với nhiều kích thước hay tỉ lệ hướng sợi khác nhau. Trong nghiên cứu này đã sử dụng đến 2 loại sợi thép là sợi thẳng (2D) và sợi móc neo 2 đầu (3D) với các tỉ lệ hàm lượng khác nhau để chế tạo UHPC.

II. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU

1. Tài liệu tham khảo áp dụng

- TCVN 2682:2009, Xi măng Poóc lăng - yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 4506:2012: Nước cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật;
- TCVN 8826:2011, Phụ gia hoá học cho bê tông và vữa;
- 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 11586:2016, Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa;
- TCVN 12392-1:2018: Sợi cho bê tông - phần 1: sợi thép;
- ASTM C230/C230M-21, standard specification for flow table for use in tests of hydraulic cement.
- TCCS 02:2017/IBST, Bê tông tính năng siêu cao UHPC - hướng dẫn thiết kế kết cấu;
- NF P18-470:2016, Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete - specifications, performance, production and conformity;

2. Cấp phối sử dụng và các thông tin khác

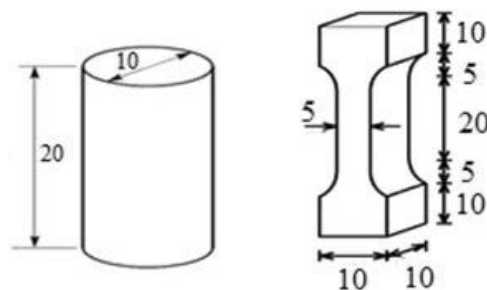
Bảng 1. Cấp phối UHPC chung cho nghiên cứu này

Tên vật liệu		UHPC - Hybrid	Đơn vị
Chất kết dính	Xi măng + Silica fume + GGBS	1170	kg
Cát thạch anh	-	890	kg
Tổng sợi thép	% thể tích so với chất kết dính	5,0	%
Phụ gia	% thể tích so với chất kết dính	8,4	%
N/CKD		0,163	-

Các mẫu thí nghiệm tính chất cơ lý có kích thước như sau:

- Cường độ chịu nén: mẫu trụ d10x20 cm;
- Cường độ chịu kéo: mẫu 5x10x50 cm;

Các mẫu UHPC được bảo dưỡng ở cùng một điều kiện: sau khi đúc và làm phẳng mặt, mẫu được bảo dưỡng ẩm tự nhiên; sau 24 giờ tiếp theo, mẫu tiếp tục được bảo dưỡng nhiệt ẩm tại 80 °C trong thời gian 72 giờ tiếp theo; mẫu tiếp tục được bảo dưỡng ẩm tại điều kiện phòng thí nghiệm đến đủ 7 ngày tuổi, rồi để tự nhiên đến 28 ngày để thử kết quả.



Hình 2. Minh họa mẫu và công tác trộn, đúc mẫu thí nghiệm

Kí hiệu mẫu:

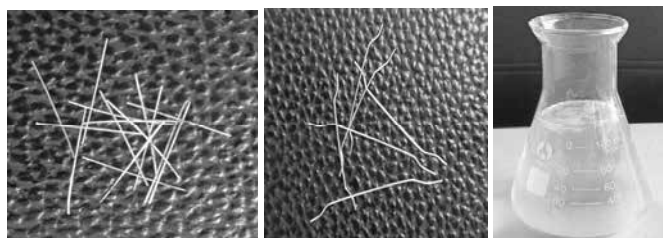
- **A0:** Mẫu vữa nền không sử dụng sợi thép trong hỗn hợp thành phần;
- **A1:** Mẫu UHPC có sử dụng toàn bộ 5% sợi 2D trong hỗn hợp thành phần;
- **A2:** Mẫu UHPC có sử dụng 4,5% sợi 2D và 0,5% sợi 3D trong hỗn hợp thành phần;
- **A3:** Mẫu UHPC có sử dụng 4,0% sợi 2D và 1,0% sợi 3D trong hỗn hợp thành phần;
- **A4:** Mẫu UHPC có sử dụng 3,5% sợi 2D và 1,5% sợi 3D trong hỗn hợp thành phần;
- **A5:** Mẫu UHPC có sử dụng toàn bộ 5% sợi 3D trong hỗn hợp thành phần;

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Vật liệu sử dụng

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của 2 mẫu sợi thép

Nội dung	Đơn vị	Kết quả	
		Sợi 2D	Sợi 3D
Tỉ lệ hướng sợi	-	65	100
Hàm lượng tạp chất	%	0	0
Tỉ lệ sợi sai kích thước hình học	%	0,5	1,0
Cường độ chịu kéo	MPa	3200	2800



Hình 3. Sợi thép 2D, sợi thép 3D và phụ gia siêu dẻo dùng trong nghiên cứu này

Ngoài 2 sợi thép cường độ cao ở bảng trên, nghiên cứu này còn sử dụng các nguyên vật liệu thành phần sau:

- Xi măng PC40 đáp ứng TCVN 2682:2009;
- Silica fume đáp ứng TCVN 8827:2020;
- GGBS đáp ứng TCVN 11586:2016;
- Cát thạch anh đã qua sàng tuyển đáp ứng TCVN 9036:2011;
- Phụ gia siêu dẻo gốc PCE đáp ứng TCVN 8826:2011;
- Nước sạch đáp ứng TCVN 4506:2012

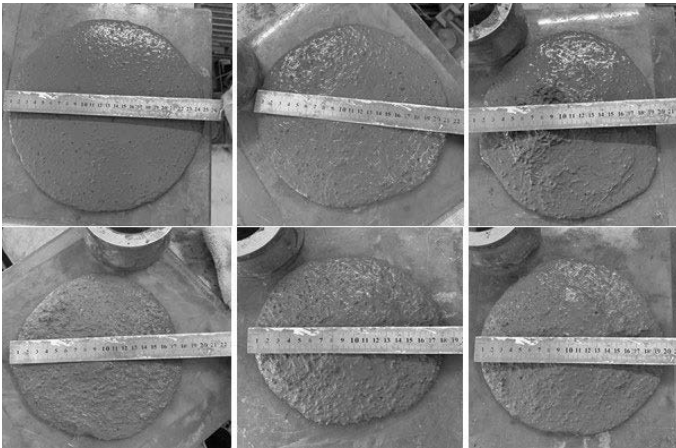


Hình 4. Xi măng, Silica fume, GGBS và cát thạch anh sử dụng trong nghiên cứu này

2. Độ chảy xoè của các mẫu hỗn hợp UHPC - Hybrid

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm độ chảy xoè của các mẫu hỗn hợp UHPC - Hybrid

Kí hiệu mẫu	Đơn vị	Độ chảy xoè
A0	cm	25,0
A1		21,4
A2		19,6
A3		18,1
A4		17,7
A5		19,1

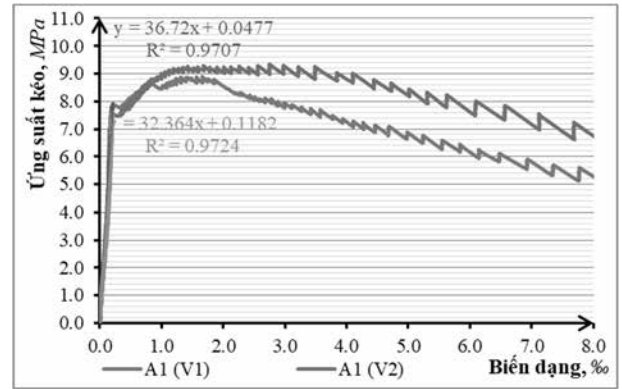


Hình 5. Độ chảy xô của các mẫu hỗn hợp UHPC - Hybrid thực hiện trên cone ASTM C230

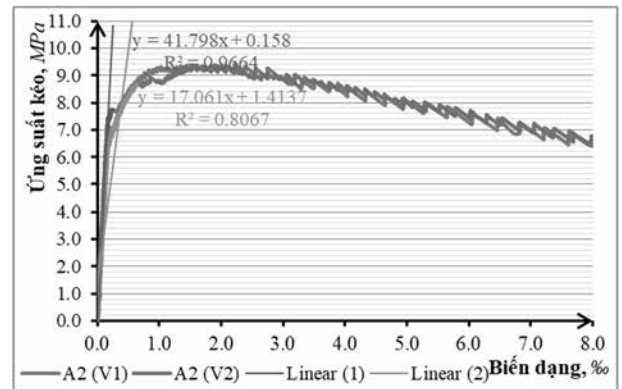
3. Tính chất cơ lý của các mẫu UHPC - Hybrid

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm khác của các mẫu UHPC - Hybrid

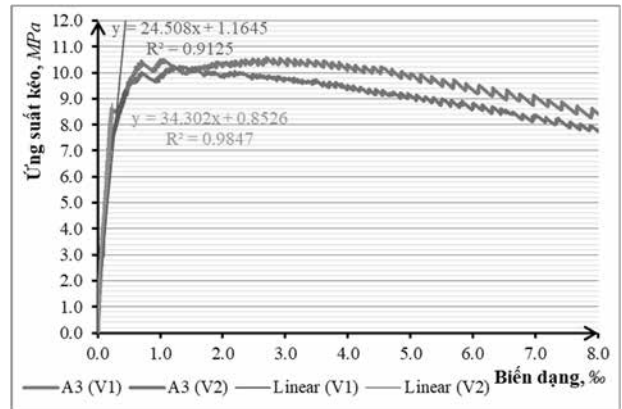
STT	Loại mẫu		Chỉ tiêu	Kết quả, MPa	
	Kí hiệu	Mẫu		Giá trị	Trung bình
1	A0	Viên 1	R kéo	3,96	3,96
		Viên 2		-	
		Tổ 1	R nén	120,9	
		Tổ 2		127,1	
2	A1	Viên 1	R kéo	8,89	9,12
		Viên 2		9,35	
		Tổ 1	R nén	134,1	
		Tổ 2		127,4	
3	A2	Viên 1	R kéo	9,42	9,41
		Viên 2		9,39	
		Tổ 1	R nén	127,8	
		Tổ 2		125,5	
4	A3	Viên 1	R kéo	10,58	10,41
		Viên 2		10,24	
		Tổ 1	R nén	135,5	
		Tổ 2		138,9	
5	A4	Viên 1	R kéo	10,05	10,38
		Viên 2		10,70	
		Tổ 1	R nén	128,0	
		Tổ 2		132,6	
6	A5	Viên 1	R kéo	10,92	11,29
		Viên 2		11,65	
		Tổ 1	R nén	132,4	
		Tổ 2		131,9	



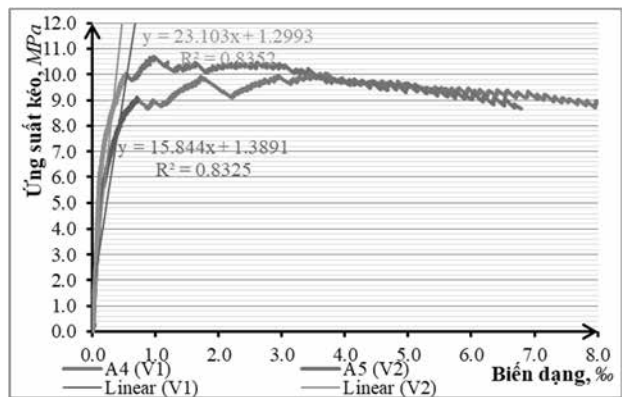
Hình 6. Ứng suất - biến dạng kéo của các mẫu A1



Hình 7. Ứng suất - biến dạng kéo của các mẫu A2



Hình 8. Ứng suất - biến dạng kéo của các mẫu A3



Hình 9. Ứng suất - biến dạng kéo của các mẫu A4

Bảng 5. Thông số kỹ thuật ứng suất - biến dạng khi kéo của các mẫu UHPC - Hybrid

Loại mẫu		Kết quả thí nghiệm					Tỉ lệ, %
		Thông số	Vết nứt đầu tiên	Trung bình	Giá trị Phá huỷ	Trung bình	
A0	V1	Ứng suất, MPa	3.96	3.96	3.96	3.96	100.0
	V2		-				
	V1	Biến dạng, ‰	0.09	0.09	0.09	-	
	V2		-				
A1	V1	Ứng suất, MPa	7.90	7.72	8.89	9.12	84.6
	V2		7.54				
	V1	Biến dạng, ‰	0.22	0.22	1.56	2.16	
	V2		0.22				
A2	V1	Ứng suất, MPa	7.74	8.23	9.42	9.41	87.5
	V2		8.72				
	V1	Biến dạng, ‰	0.26	0.45	2.21	2.06	
	V2		0.64				
A3	V1	Ứng suất, MPa	9.27	8.94	10.58	10.41	85.9
	V2		8.61				
	V1	Biến dạng, ‰	0.44	0.33	2.70	2.01	
	V2		0.22				
A4	V1	Ứng suất, MPa	9.09	9.57	10.05	10.38	92.2
	V2		10.04				
	V1	Biến dạng, ‰	0.70	0.62	3.68	2.32	
	V2		0.54				
A5	V1	Ứng suất, MPa	8.31	7.76	10.92	11.29	68.8
	V2		7.21				
	V1	Biến dạng, ‰	0.25	0.25	3.57	4.45	
	V2		0.24				



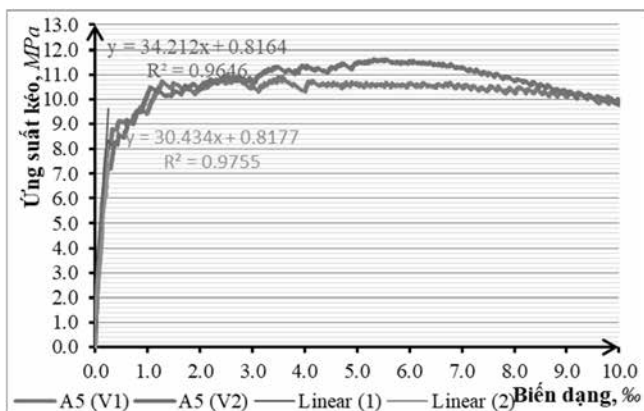
Hình 11. Thí nghiệm cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo các mẫu UHPC - Hybrid

IV. KẾT LUẬN

- Sử dụng bổ sung sợi thép móc neo 2 đầu (3D) vào thành phần hỗn hợp UHPC kết hợp cùng sợi thẳng (2D) vẫn đảm bảo được yêu cầu về tính công tác (độ chảy xoè) cho sản xuất thi công.
- Sử dụng hỗn hợp sợi (2D + 3D) làm tăng cường độ chịu nén là không đáng kể (< 5%) so với việc sử dụng hoàn toàn sợi 2D hoặc sợi 3D.
- Sử dụng hỗn hợp sợi (2D + 3D) cho hiệu quả kỹ thuật tốt về các giá trị ứng suất, biến dạng tại vết nứt đầu tiên và tại giá trị phá huỷ, tăng cường độ chịu kéo lên 3 ÷ 14% so với việc sử dụng hoàn toàn sợi 2D.
- Tỉ lệ hỗn hợp sợi tối ưu cho hiệu quả tốt nhất trong nghiên cứu này là mẫu A4 khi có giá trị trung bình ứng suất và biến dạng tại vết nứt đầu tiên lần lượt là 9,57MPa và 0,62‰, lớn hơn so với tất cả các mẫu còn lại (ứng suất tại vết nứt đầu tiên cao hơn từ 7 ÷ 24% và biến dạng lớn hơn 1,5 ÷ 3,0 lần).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ASTM A820, Standard specification for steel fibers for fiber-reinforced concrete.
- ACF 04:2020, Materials UHPC - technicals specification.
- K-UHPC:2014, design guidelines for UHPC.
- JSCE 2008, Recommendations for design and construction of high performance fiber reinforcement composites with multiple fine crack.
- NF P18 - 451: 2018, Concrete - execution of concrete structures - specific rules for UHPRFC
- BS EN 206-1:2000, Concrete - specification, performance, production and conformity;
- BS EN 14889-1:2006, Fibres for concrete - steel fibres. Definitions, specifications and conformity;
- ISO 13270:2013, Steel fibres for concrete - definitions and specifications;
- FHWA-HRT-14-084, Design and construction of field - cast UHPC connections.



Hình 10. Ứng suất - biến dạng kéo của các mẫu A5