NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SỢI POM ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG SIÊU TÍNH NĂNG – UHPC VIỆT NAM

RESEARCHING THE EFFECT OF POM FIBERS REINFORCEMENT ON THE PROPERTIES OF ULTRA HIGH-PERFORMANCE CONCRETE (UHPC)

TS. Trần Bá Việt
Hội Bê tông Việt Nam (VCA)
Email: vietbach57@yahoo.com
Điện thoại: 0903 406 501

Ngày nhận bài: 02/08/2023
Ngày gửi phản biện: 07/08/2023
Ngày chấp nhận đăng: 15/08/2023

Tóm tắt:

Bài trình bày các kết quả nghiên cứu về vai trò và sự ảnh hưởng của cốt sợi POM (PFs – Polyoxymethylene Fibers) trong chế tạo bê tông siêu tính năng (UHPC). Thông qua các thử nghiệm về tính chất cơ lý của hỗn hợp UHPC và UHPC đóng rắn, nhóm nghiên cứu thu được các số liệu tham khảo và có thể đưa ra đánh giá cho việc lựa chọn sợi POM, cũng như hàm lượng sợi POM để phục vụ công tác nghiên cứu và sản xuất.

Từ khóa: *Bê tông siêu tính năng – UHPC, sợi POM (PFs), độ chảy xoè, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo trực tiếp, bảo dưỡng nhiệt ẩm.*

Abstract:

The article presents the research results on the role and influence of POM fibers (PFs – Polyoxymethyene Fibers) reinforcement in manufacturing ultra high-performance concrete – UHPC. Through tests on the physical and mechanical properties of the mixture UHPC and UHPC, the research team obtained the reference data and was able to make an objective assessment for the selection of the type and content of POM fibers to serve the actual production later.

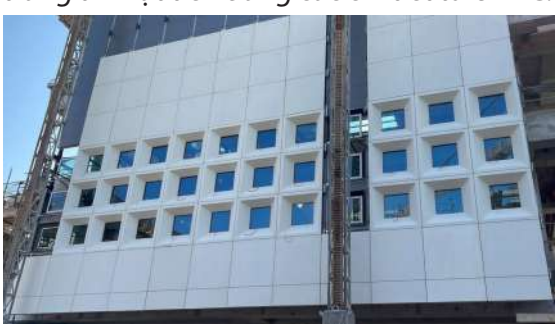
Keywords: *Ultra high-performance concrete – UHPC, POM Fibers (PFs), flows, compressive strength, tensile strength, heat moisture curing.*

1. UHPC – vật liệu thành phần

1.1. Tổng quan về UHPC

Hiện nay, bê tông cốt sợi thông thường (FRC) và bê tông siêu tính năng (UHPC) không còn là một khái niệm mới ở nước ta khi mà đã có nhiều ứng dụng trong thực tiễn xây dựng cơ sở hạ tầng cho kết quả tốt.

Hình 1. *Raifeisen Bank (Thụy Sĩ) được trang trí mặt tiền bằng các chi tiết từ UHPC.*

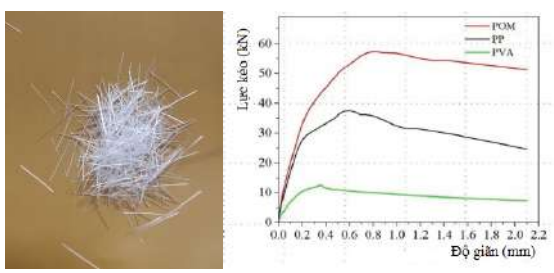


Hình 2. *Façade bằng các cấu kiện đúc sẵn từ UHPC sử dụng sợi POM.*

Bê tông siêu tính năng (UHPC) thể hiện sự vượt trội về các đặc tính như cường độ và độ dẻo dai. Theo TCVN 13735:2023 "bê tông – kết cấu bê tông siêu tính năng (UHPC) – yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử" vật liệu này có độ bền nén ≥ 120MPa và độ bền kéo ≥ 6MPa.

Hình 3. *Sợi thép thường được sử dụng kết hợp cùng sợi thủy tinh hay sợi polypropylene.*

Khi sử dụng UHPC có dùng cốt sợi thép để chế tạo các sản phẩm trang trí kiến trúc sẽ khó hoàn thiện để đặt thẩm mỹ cao, vì khó mài, khó đánh bóng [3] [4] [5] [6] [7]. Các sáng kiến về lựa chọn sử dụng loại sợi khác phù hợp hơn đã được nghiên cứu và ứng dụng như: sợi thủy tinh, sợi polypropylene, sợi xenlulo, sợi polyvinyl alcohol,... [1] [2]. Tuy nhiên, những loại sợi kể trên có liên kết chưa tốt với bê tông nền, nên độ bền kéo của UHPC là không tốt, nên cần tìm một loại sợi khác cho phép cải thiện khả năng này [8] [9] [10] [11].



Hình 4. *Sợi POM có khả năng liên kết, bám dính tốt hơn so với sợi polypropylene (PP) và polyvinyl alcohol (PVA).*

Qua các nghiên cứu và ứng dụng tại nhiều nước trên thế giới cho thấy sợi POM có thể giải quyết được hai vấn đề là không bị chấm rỉ trên mặt mài và dễ mài, cưa cắt và mài bóng [8] [9].

ISSN 2525-2615

Hình 5. *Cột đồng hồ tại sân golf Eaglemont, Úc bằng UHPC sử dụng sợi POM.*

Sợi POM (Polyoxymethylene) là một loại sợi tổng hợp mới, có độ bền và độ dẻo dai cao hơn rất nhiều so với sợi tổng hợp thông thường, thậm chí là cả sợi carbon. Ngoài ra, sợi POM có độ ổn định nhiệt tốt, có khả năng kháng hóa chất tuyệt vời và không bị phân hủy trong môi trường biển hay nhiễm mặn. Hơn nữa, POM có độ phân tán tốt trong hỗn hợp bê tông, vì thế dễ trộn và lượng bọt khí cuốn vào sẽ thấp hơn, giúp giảm tác động xấu đến tính chất cơ học của UHPC [9].

Dựa trên các đặc tính trên, đề tài sẽ nghiên cứu so sánh sợi POM với sợi thép phân tán trong UHPC nền đến các đặc tính của UHPC. Thông qua các thử nghiệm về tính chất cơ lý của hỗn hợp UHPC và UHPC đóng rắn, nhóm nghiên cứu thu được các số liệu để có thể đưa ra đánh giá khách quan cho việc hàm lượng sợi POM.

Hình 6. *Việt Nam có thể chế tạo các sản phẩm trang trí từ UHPC sử dụng sợi POM.*

2. Phương pháp và tiêu chuẩn áp dụng

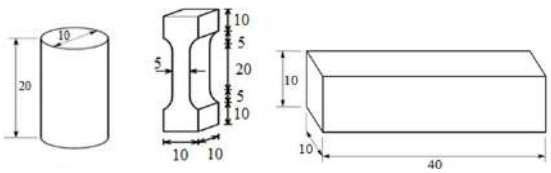
Hình 7. *Sản phẩm kiến trúc sử dụng sợi POM dễ dàng trong khâu hoàn thiện bề mặt, góc cạnh.*

Các vật liệu trên cấu thành nên UHPC đáp ứng các tiêu chuẩn về vật liệu:

- TCVN 6282:2009, Xi măng Poóc lăng – yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 8826:2011, Phụ gia hoá học cho bê tông và vữa.
- TCVN 9036:2011, Nguyên liệu để sản xuất thuỷ tinh – cát – yêu cầu kỹ thuật.
- TCVN 11586:2016, Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa.
- TCVN 12392:2018, Sợi cho bê tông cốt sợi.
- TCVN 13735:2023, Bê tông – kết cấu bê tông siêu tính năng (UHPC) – yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

Các mẫu thí nghiệm tính chất cơ lý có kích thước như sau [3]:

- Cường độ chịu nén: mẫu trụ d10xh20 cm;
- Cường độ chịu kéo: mẫu 5x10x50 cm;



Hình 8. *Mẫu thử nghiệm nén, kéo, uốn.*

3. Vật liệu và cấp phối thành phần

Vật liệu thành phần được lựa chọn sử dụng để thử nghiệm cấp phối UHPC trong nghiên cứu gồm: xi măng PC40, cát thạch anh, các loại phụ gia khoáng hoạt tính, phụ gia siêu dẻo, sợi POM và sợi thép cường độ cao (vật liệu đối chứng với sợi POM) [3] [5] [7].

Bảng 1. Các loại vật liệu thành phần dùng trong nghiên cứu

Nội dung	Chi tiết
Chất kết dính	- Xi măng PC40
Phụ gia khoáng	- Silica fume
	- GGBS
Nhóm cốt liệu	- Cát thạch anh
	- POM
	- Sợi thép (đối chứng)
Phụ gia hóa học	- Phụ gia siêu dẻo
Nước	- Nước sạch

Hình 9. *Sợi POM sử dụng trong nghiên cứu.*

Bảng 2. Các chỉ tiêu của xi măng PC40

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	3,10
Độ dẻo tiêu chuẩn	%	28,6
Độ ổn định thể tích	mm	1,0
Độ bền uốn	3 ngày	MPa	6,5
	28 ngày		9,7
Độ bền nén	3 ngày	MPa	30,3
	28 ngày		48,6

Bảng 3. Chất lượng mẫu Silica fume

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	2,22
Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	310
Độ ẩm	%	1,0
Hàm lượng MKN	%	0,6
Hàm lượng SiO_2	%	91,6

Bảng 4. Chất lượng mẫu GGBS

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	2,86
Độ ẩm	%	0,9
Hàm lượng mất khi nung	%	3,7

Bảng 5. Chất lượng cát thạch anh

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	2,64
Hàm lượng tạp chất	%	0
Độ ẩm	%	0,3
Mô đun độ lớn	-	1,5
Hàm lượng SiO_2	%	98,41
Hàm lượng ion Cl^-	%	< 0,001

Bảng 6. Chất lượng sợi thép

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	7,85
Tỉ lệ hướng sợi	-	65

ISSN 2525-2615

Hàm lượng tạp chất	%	0
Tỉ lệ sợi sai kích thước hình học	%	0,5
Cường độ chịu kéo	MPa	3200

Bảng 7. Chất lượng sợi POM

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm^3	1,41
Tỉ lệ hướng sợi	-	60
Hàm lượng tạp chất	%	0
Tỉ lệ sợi sai kích thước hình học	%	0,2
Nhiệt độ nóng chảy	°C	165
Cường độ chịu kéo	MPa	1120

Hình 10. *Các vật liệu khác.*

Bảng 8. Chất lượng phụ gia siêu dẻo PC

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Độ pH	-	6,33
Khối lượng riêng	kg/l	1,06
Hàm lượng chất khô	%	37,8
Hàm lượng tro	%	1,66
Hàm lượng ion Cl^-	%	0,03

Bảng 9. Cấp phối bột khô UHPC nền trộn sẵn

Tên vật liệu	Khối lượng, *kg*
Chất kết dính	1165
Cát thạch anh	965
Tổng	2130

Bảng 10. Kí hiệu của các mẫu thử nghiệm trong nghiên cứu

Kí hiệu mẫu	Chú thích
SFs-0	Đối chứng – **2%** sợi thép
PFs-0	**0%** sợi (vữa nền)
PFs-1	**0,3%** sợi POM
PFs-2	**0,5%** sợi POM
PFs-3	**1,0%** sợi POM
PFs-4	**2,0%** sợi POM
PFs-5	**3,0%** sợi POM

4. Thử nghiệm tính chất của các mẫu hỗn hợp UHPC và UHPC đóng rắn

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, tiếp tục được bảo dưỡng nhiệt ẩm tại 80 °C trong thời gian 72 giờ t; sau đó mẫu 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 [3].

Các thử nghiệm liên quan đến tính công tác của hỗn hợp UHPC dưới đây được thực hiện tại điều kiện phòng thí nghiệm:

a) Độ chảy xòe

Hình 11. *Kiểm tra độ chảy xòe hỗn hợp bằng nhớt kế Suttarrd.*

Bảng 11. Kết quả kiểm tra độ chảy xòe

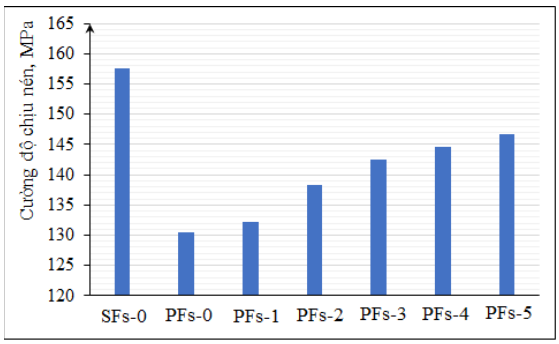
Kí hiệu	Nhớt kế Suttard, cm
SFs-0	**19,3** (20,0 x 18,5)
PFs-0	**23,8** (24,0 x 23,5)
PFs-1	**23,0** (23,5 x 22,6)
PFs-2	**22,2** (22,4 x 22,0)
PFs-3	**20,9** (22,0 x 19,8)
PFs-4	**19,7** (20,7 x 19,6)
PFs-5	**18,2** (18,4 x 18,1)

b) Các tính chất cơ học khác

Hình 12: *Mẫu trụ sau khi nén.*

Bảng 12. Cường độ chịu nén của các mẫu sau bảo dưỡng nhiệt ẩm (R28 – MPa)

Kí hiệu mẫu	Viên 1	Viên 1	Viên 1	Trung bình
SFs-0	157,8	153,7	161,4	**157,6**
PFs-0	133,2	129,7	128,3	**130,4**
PFs-1	134,1	128,9	133,7	**132,2**
PFs-2	137,3	138,2	139,6	**138,4**
PFs-3	139,5	143,7	144,4	**142,5**
PFs-4	140,4	148,1	145,5	**144,6**
PFs-5	150,0	147,8	142,3	**146,7**

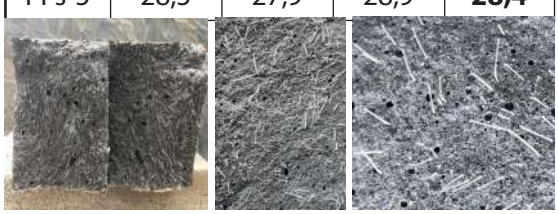


Hình 13. *Ảnh hưởng của hàm lượng sợi POM đến cường độ chịu nén và so với mẫu chuẩn.*

Hình 14. *Kiểm tra cường độ chịu kéo và uốn.*

Bảng 13. Cường độ chịu uốn của các mẫu sau bảo dưỡng nhiệt ẩm (R28 – MPa)

Kí hiệu mẫu	Viên 1	Viên 1	Viên 1	Trung bình
SFs-0	32,6	31,0	32,1	**31,9**
PFs-0	18,7	20,1	19,2	**19,3**
PFs-1	21,8	19,5	20,6	**20,6**
PFs-2	22,7	24,5	22,4	**23,2**
PFs-3	24,3	24,8	25,9	**25,0**
PFs-4	26,7	28,4	28,0	**27,7**
PFs-5	28,5	27,9	28,9	**28,4**

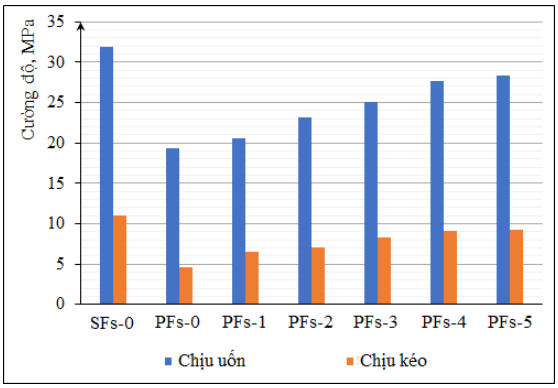


Hình 15. *Sợi POM phân tán trong UHPC ở các mức hàm lượng khác nhau (2%, 0,5% và 0,3%)*

ISSN 2525-2615

Bảng 14. Cường độ chịu kéo của các mẫu UHPC sau bảo dưỡng nhiệt ẩm (R28 - MPa)

Kí hiệu mẫu	Viên 1	Viên 1	Viên 1	Trung bình
SFs-0	10,72	11,28	11,13	**11,04**
PFs-0	4,84	4,09	4,71	**4,55**
PFs-1	6,22	6,39	7,08	**6,56**
PFs-2	6,85	7,17	7,29	**7,10**
PFs-3	8,22	8,18	8,56	**8,32**
PFs-4	9,11	8,73	9,45	**9,10**
PFs-5	9,08	9,22	9,56	**9,29**



***Hình 16.** Ảnh hưởng của hàm lượng sợi POM đến cường độ chịu uốn và kéo và so với mẫu chuẩn.*

Bảng 15. Hiệu quả sử dụng sợi POM để chế tạo UHPC với các mức hàm lượng khác nhau khi so với UHPC chứa 2% sợi thép.

Kí hiệu mẫu	Cường độ chịu nén		Cường độ chịu uốn		Cường độ chịu kéo	
	Giá trị	Tỉ lệ	Giá trị	Tỉ lệ	Giá trị	Tỉ lệ
SFs-0	157,6	**100%**	31,9	**100%**	11,04	**100%**
PFs-0	130,4	**82,7%**	19,3	**60,5%**	4,55	**41,2%**
PFs-1	132,2	**83,9%**	20,6	**64,6%**	6,56	**59,4%**
PFs-2	138,4	**87,8%**	23,2	**72,7%**	7,10	**64,3%**
PFs-3	142,5	**90,4%**	25,0	**78,4%**	8,32	**75,4%**
PFs-4	144,6	**91,8%**	27,7	**86,8%**	9,10	**82,4%**
PFs-5	146,7	**93,1%**	28,4	**89,0%**	**9,29**	**84,1%**

6. Kết luận

- Sợi POM (Polyoxymethylene Fibers) phù hợp để chế tạo UHPC với các cấp cường độ khác nhau. Cường độ chịu nén lớn nhất 147 MPa, ứng với cường độ chịu kéo lớn nhất 9,3 MPa, khi hàm lượng sợi tới 5%.
- Sợi POM hầu như không ảnh hưởng đến tính công tác của UHPC trong thực tiễn sản xuất vì độ chảy xòe hỗn hợp UHPC chênh lệch không nhiều.
- Khi chế tạo các sản phẩm trang trí, nội thất hay họa tiết kiến trúc kích thước vừa và nhỏ, hàm lượng sợi POM nên sử dụng là 0,5÷1%.
- Khi chế tạo các họa tiết kiến trúc kích thước lớn hay kết cấu kiến trúc chịu lực, hàm lượng sợi POM nên sử dụng là 1÷3%.

Tài liệu tham khảo

[1]. TCVN 12392:2018, Sợi cho bê tông cốt sợi.

[2]. TCVN 12393:2018, Bê tông cốt sợi – yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

[3]. TCVN 13735:2023, Bê tông – kết cấu bê tông siêu tính năng (UHPC) – yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

[4]. FHWA-HRT-06-103, Material Property Characterization of Ultra - High Performance Concrete.

[5]. FHWA-HRT-18-036, Properties and Behavior of UHPC-Class Material.

[6]. FHWA-HRT-11-038, Ultra High-Performance Concrete.

[7]. ACF 04:2020, Materials UHPC – Technicals Specification.

[8]. International Journal of Civil Engineering 16, Property Assessment of Hybrid Fiber-Reinforced Ultra High-Performance Concrete, 2017.

[9]. Journal of Materials Science, Fabrication of high strength polyoxymethylene fiber by gel spinning, 2018.

[10]. Journal of Engineered Fiber anh Fabrics, Mechanical properties and durability assessment of nylon fiber reinforced self-compacting concrete, 2021.

[11]. Concrete Structures 21, Effects of polypropylene fibers on ultra high-performance concrete at elevated temperature, 2021.

[12]. Journal of Materials Research and Technology, Dynamic compression behavior of ultra high-performance concrete with hybrid polyoxymethylene fiber and steel fiber, 2022.

ISSN 2525-2615