

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của sợi phi kim đến một số đặc trưng cơ lý của vữa cường độ cao định hướng ứng dụng cho công trình biển

Ngô Xuân Hùng¹, Ngô Trung Hiếu¹, Ngô Tôn Hiếu¹, Đỗ Mạnh Nam¹, Nguyễn Vũ Sơn Tùng¹, Nguyễn Văn An¹, Nguyễn Sỹ Đức¹, Lê Huy Việt^{1, 2*}

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Nhóm nghiên cứu mạnh GECS, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TỪ KHOẢ

Vữa cường độ cao
Sợi phi kim
Công trình biển
Cường độ chịu nén
Cường độ chịu uốn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của sợi phi kim đến các đặc trưng cơ lý của vữa cường độ cao (HSM) nhằm định hướng ứng dụng cho công trình biển. Trong bối cảnh hạ tầng toàn cầu đang đối mặt với nhu cầu về công trình chịu lực vượt trội, tuổi thọ cao và khả năng chống chịu môi trường khắc nghiệt, HSM nổi lên như giải pháp tối ưu nhờ cường độ nén ấn tượng và độ bền ưu việt. Tuy nhiên, tính giòn cố hữu của HSM, đặc biệt trong môi trường biển khắc nghiệt với sự xâm thực của ion clorua và sulfat, sóng biển và chu kỳ đóng băng-tan chảy, đặt ra thách thức lớn. Việc bổ sung sợi gia cường đã được chứng minh là giải pháp giảm tính giòn. Mặc dù sợi kim loại như sợi thép hiệu quả trong việc tăng cường cơ tính, chúng lại dễ bị ăn mòn trong môi trường biển, dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực và đẩy nhanh quá trình xuống cấp kết cấu. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào sợi phi kim (polypropylene, PVA, thủy tinh, bazan, carbon) với ưu điểm vượt trội về chống ăn mòn, khối lượng riêng thấp, không dẫn điện và chống hóa chất tốt. Mục tiêu chính là đánh giá toàn diện ảnh hưởng của sợi phi kim rời rạc và lưới sợi phi kim đến cường độ nén, cường độ kéo khi uốn, mô đun đàn hồi, khả năng chống thấm, ứng xử sau nứt, khả năng hấp thụ năng lượng và cơ chế kiểm soát vết nứt của HSM, với các mẫu được thiết kế phù hợp cho công trình biển. Kết quả chỉ ra rằng việc bổ sung sợi PP làm giảm độ chảy xê, cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của HSM. Cụ thể, khi tăng tỷ lệ sợi PP từ 0 % đến 0,5 % trong vữa, độ chảy xê tăng nhưng khi vượt quá 0,5%, độ chảy xê có xu hướng giảm. Khối lượng thể tích của các mẫu dao động từ 2223 đến 2432 kg/m³. Hàm lượng sợi phi kim từ 0,25 % trở lên làm giảm đáng kể cường độ nén và uốn, cho thấy sự gián đoạn trong cấu trúc vật liệu. Tuy nhiên, việc sử dụng sợi PP vẫn giúp cải thiện tính dẻo dai và khả năng chống nứt, đặc biệt hiệu quả khi dùng cùng sợi thép. Hàm lượng sợi tối ưu được gợi ý là dưới 0,5 %. Các kết quả này cung cấp cơ sở khoa học và dữ liệu thực nghiệm đáng tin cậy để thiết kế và ứng dụng HSM hiệu quả, bền vững cho công trình biển, tăng cường khả năng chống nứt và co ngót.

KEYWORDS

ABSTRACT

This study evaluates the effect of non-metallic fibers on the mechanical and physical properties of high-strength mortar (HSM) for marine structure applications. In the context of global infrastructure development facing challenges of superior load-bearing capacity, long lifespan, and resilience in harsh environmental conditions, HSM emerges as a key material due to its impressive compressive strength, superior durability, and excellent impermeability. However, the inherent brittleness of HSM, especially in corrosive marine environments characterized by chloride and sulfate ion ingress, wave erosion, and freeze-thaw cycles, poses significant risks. Reinforcement with fibers has been widely studied to mitigate this brittleness. While metallic fibers like steel fibers are highly effective in enhancing mechanical properties, their susceptibility to corrosion in marine environments can degrade their load-bearing capacity and accelerate structural deterioration. Therefore, this research focuses on non-metallic fibers (polypropylene (PP), polyvinyl alcohol (PVA), glass fiber (GF), basalt fiber (BF), carbon fiber (CF)), which offer excellent corrosion resistance, low specific gravity, non-conductivity, and good chemical resistance. The primary objective is to comprehensively assess the influence of both discrete non-metallic fibers and non-metallic fiber meshes on critical mechanical and physical properties of HSM, including compressive strength, flexural tensile strength, elastic modulus, impermeability, post-cracking behavior, energy absorption capacity, and crack control mechanism, with samples designed for marine applications. The results indicate that the addition of PP fibers generally reduced

*Liên hệ tác giả: lehuyviet@humg.edu.vn

Nhận ngày 08/07/2025, sửa xong ngày 25/08/2025, chấp nhận đăng ngày 26/08/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.1041>

the slump flow, compressive strength, and flexural strength of HSM. Specifically, increasing PP fiber content from 0% to 0.5% initially increased slump flow, but further increases beyond 0.5% tended to decrease it. The bulk density of the samples ranged from 2223 to 2432 kg/m³. Non-metallic fiber contents of 0.25% and above significantly reduced both compressive and flexural strength, reflecting the disruption of the concrete matrix structure and the creation of micropores. Nevertheless, PP fibers contribute to ductility enhancement and improved crack resistance, particularly when combined with steel fibers. An optimal fiber content below 0.5% is suggested. These findings provide a solid scientific basis and reliable experimental data for the effective and sustainable design and application of HSM in marine structures, enhancing crack resistance and shrinkage control.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh phát triển cơ sở hạ tầng toàn cầu, ngành xây dựng đang đối mặt với những thách thức ngày càng lớn về việc xây dựng các công trình có khả năng chịu lực vượt trội, tuổi thọ cao và khả năng chống chịu tốt trong những điều kiện môi trường khắc nghiệt. Vữa cường độ cao (High-Strength Mortar - HSM) nổi lên như một vật liệu chủ chốt, đáp ứng các yêu cầu này nhờ vào cường độ nén ấn tượng, độ bền vượt thời gian và khả năng chống thấm ưu việt. Những đặc tính nổi bật của HSM cho phép thiết kế các cấu kiện có tiết diện nhỏ hơn, tối ưu hóa không gian kiến trúc, giảm tải trọng bản thân kết cấu và kéo dài chu kỳ bảo trì, mang lại hiệu quả kinh tế đáng kể trong suốt vòng đời của công trình.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm vượt trội, vữa cường độ cao và bê tông nói chung lại bộc lộ một nhược điểm cố hữu là tính giòn. Điều này có nghĩa là khi đạt đến cường độ chịu kéo giới hạn, vật liệu có thể nứt và phá hủy một cách đột ngột, thiếu tính dẻo dai cần thiết để phân bố lại ứng suất và cảnh báo sự cố trước khi sụp đổ hoàn toàn. Đối với các công trình quan trọng, đặc biệt là công trình biển, tính giòn này đặt ra những rủi ro lớn. Môi trường biển đặc trưng bởi sự xâm thực của ion clorua và sulfat, tác động ăn mòn liên tục lên cốt thép và các thành phần kim loại khác, cùng với sự bào mòn do sóng biển, chu kỳ đóng băng-tan chảy (ở vùng khí hậu lạnh) và sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm. Trong môi trường này, ngay cả những vết nứt nhỏ cũng có thể là con đường cho các tác nhân xâm thực tấn công vào bên trong, gây ăn mòn cốt thép và làm giảm đáng kể khả năng chịu lực và tuổi thọ của kết cấu. Do đó, việc cải thiện tính dẻo dai và khả năng chống nứt, kiểm soát vết nứt của vữa cường độ cao là một yêu cầu cấp thiết, đặc biệt là khi vật liệu này được định hướng ứng dụng cho các cấu kiện tiếp xúc trực tiếp với môi trường biển.

Để giải quyết vấn đề tính giòn của vật liệu gốc xi măng, việc bổ sung các loại sợi gia cường đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi từ nhiều thập kỷ qua. Các loại sợi kim loại, đặc biệt là sợi thép, đã chứng minh được hiệu quả vượt trội trong việc nâng cao các đặc trưng cơ học của vữa và bê tông, bao gồm cường độ kéo khi uốn, khả năng hấp thụ năng lượng và độ bền sau nứt. Sợi thép phân bố ngẫu nhiên trong ma trận giúp hình thành các cầu nối qua các vết nứt nhỏ, ngăn chặn sự lan truyền của vết nứt và tăng cường tính dẻo dai. Tuy nhiên, như đã đề cập, nhược điểm lớn nhất của sợi thép khi sử dụng trong

môi trường biển là khả năng bị ăn mòn. Sự ăn mòn của sợi thép không chỉ làm suy giảm khả năng chịu lực của sợi mà còn có thể gây nở thể tích, tạo ra ứng suất cục bộ và gây nứt vỡ ma trận vữa/bê tông, từ đó đẩy nhanh quá trình xuống cấp của toàn bộ kết cấu.

Trước những hạn chế của sợi kim loại trong môi trường xâm thực, việc nghiên cứu và phát triển các loại sợi phi kim đã trở thành một hướng đi đầy hứa hẹn. Sợi phi kim, bao gồm các loại như sợi polypropylene (PP), sợi polyvinyl alcohol (PVA), sợi thủy tinh (Glass Fiber - GF), sợi bazan (Basalt Fiber - BF) và sợi carbon (Carbon Fiber - CF), mang lại nhiều ưu điểm nổi bật như khả năng chống ăn mòn tuyệt vời, khối lượng riêng thấp, không dẫn điện, và khả năng chống hóa chất tốt. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc bổ sung sợi phi kim giúp cải thiện đáng kể các đặc tính của vật liệu gốc xi măng như cường độ kéo sau nứt, tính dẻo dai, khả năng chống co ngót và tăng cường độ bền dưới tác động của chu kỳ đóng băng-tan chảy. Đặc biệt, sợi PP và sợi PVA thường được sử dụng để kiểm soát vết nứt vi mô và giảm co ngót, trong khi sợi thủy tinh và sợi bazan có thể đóng góp vào việc tăng cường cường độ chịu kéo và uốn nhờ cường độ riêng cao.

Bên cạnh việc sử dụng sợi rời rắc phân bố ngẫu nhiên, lưới sợi (Fiber Mesh) cũng là một giải pháp gia cường hiệu quả. Lưới sợi, được đặt theo một định hướng cụ thể trong cấu kiện, có khả năng tạo ra một hệ thống gia cường liên tục, đặc biệt hiệu quả trong việc kiểm soát các vết nứt lớn và tăng cường khả năng chịu kéo tổng thể của mặt cắt. Tuy nhiên, việc kết hợp đồng thời sợi phi kim rời rắc và lưới sợi phi kim trong cùng một ma trận vữa cường độ cao, nhằm tận dụng tối đa ưu điểm của cả hai loại hình gia cường (sợi rời rắc kiểm soát vết nứt vi mô và lưới sợi kiểm soát vết nứt vĩ mô, tăng cường tổng thể), vẫn còn là một lĩnh vực chưa được nghiên cứu sâu rộng, đặc biệt là khi vật liệu này được thiết kế riêng cho các ứng dụng trong môi trường biển. Sự tương tác phức tạp giữa hai hệ thống gia cường này với ma trận vữa cường độ cao, cũng như hành vi của chúng dưới tác động của môi trường biển, cần được làm rõ.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu chính là đánh giá một cách toàn diện và chi tiết ảnh hưởng của việc bổ sung cả sợi phi kim rời rắc và lưới sợi phi kim đến các đặc trưng cơ lý quan trọng của vữa cường độ cao. Cụ thể, các đặc trưng được khảo sát bao gồm cường độ nén, cường độ kéo khi uốn, mô đun đàn hồi, khả năng chống thấm, và đặc biệt là ứng xử sau nứt, khả năng hấp thụ năng lượng và cơ chế kiểm soát vết nứt. Các mẫu vữa sẽ được thiết kế để phù hợp với

yêu cầu của công trình biển, và các thí nghiệm sẽ được tiến hành theo các tiêu chuẩn quốc tế. Kết quả của nghiên cứu này kỳ vọng sẽ cung cấp cái nhìn sâu sắc về hiệu quả của sự kết hợp giữa sợi và lưới phi kim trong việc nâng cao tính năng của vữa cường độ cao, từ đó tạo ra cơ sở khoa học vững chắc và dữ liệu thực nghiệm đáng tin cậy để định hướng cho việc thiết kế, lựa chọn vật liệu và ứng dụng chúng một cách hiệu quả, bền vững trong các công trình xây dựng, đặc biệt là công trình biển đòi hỏi tính năng và độ bền cao.

2. Vật liệu sử dụng và cấp phối thí nghiệm

Vật liệu trong nghiên cứu được chọn lựa dựa trên cấp phối để chế tạo HSM đã thực hiện tại Việt Nam và trên thế giới. Cấp phối chỉ gồm chất kết dính (xi măng, khoáng hoạt tính), nước, phụ gia tăng dẻo và cốt liệu nhỏ, không sử dụng cốt liệu lớn.

Trong nghiên cứu, để xét ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến tính chất của HSM, có 4 cấp phối được sử dụng. Trong đó, hàm lượng cốt sợi dùng trong nghiên cứu có tỷ lệ 0;0,25;0,5;1 % thể tích bê tông (Bảng 1).

2.1. Xi măng

Xi măng trong nghiên cứu sử dụng xi măng PCB40 Hoàng Thạch (XM) được sản xuất phù hợp với tiêu chuẩn TCCS 22: 2012/XMHT dựa

trên TCVN 6260:2009 [18] và ASTM C115. Xi măng Hoàng Thạch PCB-40 được sản xuất từ việc nghiền hỗn hợp clinker, thạch cao và phụ gia (lượng phụ gia kể cả thạch cao không quá 40 % trong đó phụ gia đầy không quá 20 %). Chất lượng xi măng Pooclăng hỗn hợp được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 6260:2009. Tính chất cơ lý của xi măng được cho trong Bảng 2.

2.2. Cốt liệu nhỏ

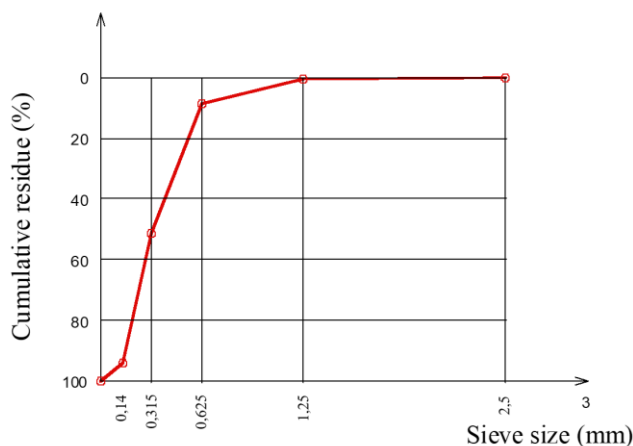
Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu là cát vàng (CV), loại cát tự nhiên có kích thước hạt từ 0,14 mm đến 5,00 mm, chất lượng tốt, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006[21]. Cát có dạng hạt thô, được sử dụng làm cốt liệu mịn trong hỗn hợp chất kết dính. Phân bố kích thước hạt của cát vàng được thể hiện qua đường cấp phối hạt trong Hình 2.

Trong phạm vi thí nghiệm, cát vàng được sàng lọc và chỉ sử dụng phần cốt liệu có kích thước lọt qua sàng 1,25 mm nhằm đảm bảo sự đồng đều về cấp phối. Các hạt có kích thước $\geq 1,25$ mm được loại bỏ khỏi hỗn hợp. Hình 2.3 minh họa hình ảnh thực tế của cát vàng sau quá trình sàng lọc.

Các tính chất vật lý của cốt liệu nhỏ sử dụng đã được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 1. Vật liệu sử dụng.



Hình 2. Tổng hợp lượng dư tích lũy qua mắt sàng của cát vàng.

Bảng 1. Cấp phối HSM.

Thành phần	Đơn vị	Cấp phối bê tông cho 1m ³			
		M5P0	M5P0,25	M5P0,5	M5P1
Xi măng PCB40	kg	867,4	867,4	867,4	867,4
Cát vàng	kg	867,4	867,4	867,4	867,4
Nước	kg	173,5	173,5	173,5	173,5
Phụ gia siêu dẻo 5000F	kg	58,113	58,113	58,11	58,1
Silica fume	kg	216,8	216,8	216,8	216,8
Silica powder	kg	216,8	216,8	216,8	216,8
Sợi Phi Kim (%)	kg	0	3,4	6,8	13,5
Tổng		2400,0	2403,4	2406,8	2413,5

Bảng 2. Tính chất cơ lý của xi măng.

Tính chất		Đơn vị	Giá trị
Cường độ chịu nén	3 ngày	Mpa	≥ 18
	28 ngày	Mpa	≥ 40
Thời gian đông kết	Bắt đầu	phút	≥ 45
	Kết thúc	phút	≤ 420
Độ nghiền mịn	Phần còn lại trên sàng 0,09 mm	%	≤ 10
	Bề mặt riêng - Phương pháp Blaine	(cm ² /g)	≥ 2800
Độ dẻo tiêu chuẩn		%	28,2
Độ ổn định thể tích		mm	≤ 10
Độ nở Autoclave		%	0,8
Thành phần SO ₃		%	$\leq 2,5$

Bảng 3. Tính chất vật lý của cát vàng.

STT	Tính chất	Đơn vị tính	Giá trị
1	Kích thước hạt	mm	0,14 ÷ 5
2	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,65
3	Khối lượng thể tích đầm chặt	kg/m ³	1660
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1550
5	Độ rỗng	%	39,1
6	Độ ẩm	%	3,5
7	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,9
8	Mô đun độ lớn (M _k)	-	3,1
9	Đường kính trung bình	mm	1,46
10	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt

2.3. Nước

Nước sạch được sử dụng để làm nước trộn và dùng để bảo dưỡng mẫu sau khi thí nghiệm sau khi tạo hình. Nước trộn thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 4506:2012[22] và GOST 23732-2011[23].

2.4. Phụ gia khoáng hoạt tính (Silica fume)

Phụ gia khoáng sử dụng trong nghiên cứu là muối silic (Silica fume, Hình 1). Silica fume hay còn được gọi là microsilica - là một loại bột mịn có được từ việc khử thạch anh. Loại này có độ tinh khiết cao với các vật liệu cacbon như than, than cốc trong lò hồ quang điện ở nhiệt độ trên 200 °C trong quá trình sản xuất ra hợp kim silic và ferrosilicon. Silica fume là một loại bột siêu mịn có đường kính nhỏ hơn 1 µm, trung bình là khoảng 0,15 µm. Điều này có nghĩa là chúng có kích thước nhỏ hơn khoảng 100 lần so với kích thước của hạt xi măng, do đó chúng có thể dễ dàng lấp được đầy các lỗ rỗng do nước tự do thoát

ra trong đầm xi măng. Bên cạnh đó, silica fume còn có tác dụng tăng quá trình thủy hóa giúp tăng cường độ của bê tông.

2.5. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo giảm nước là phụ gia SR5000P của "SilkRoad" (Hình 1). Phụ gia siêu dẻo có khối lượng riêng 1,12 g/m³ ở nhiệt độ 25 ± 5 °C. Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thể hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate. Phụ gia siêu dẻo SR 5000P thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011[24].

2.6. Cốt Sợi phi kim

Trong HSM, sợi phi kim loại (đặc biệt là sợi polypropylene – PP) thường được sử dụng với những tác dụng chính sau:

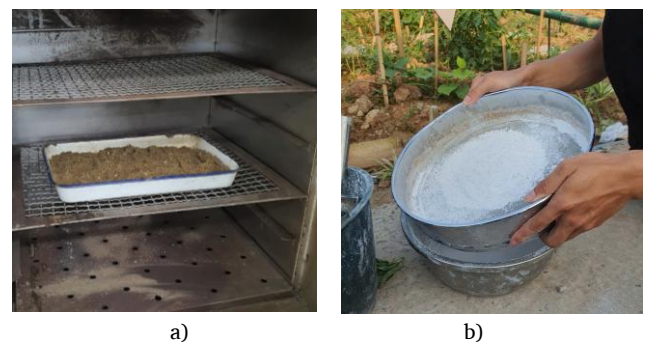
Khống chế nứt vi mô (Micro-crack control): Sợi PP có kích thước rất nhỏ (đường kính thường ~20–50 µm), phân bố đều trong hỗn hợp HSM, giúp giữ nước cục bộ và kiểm soát ứng suất sớm trong giai đoạn đầu (2–6 giờ sau khi đổ bê tông). Khi HSM có độ dẻo cao nhưng hàm lượng nước rất thấp (tỷ lệ N/X ~0,15–0,20), sự mất nước do bốc hơi dễ gây nứt sớm. Sợi PP giúp giảm mật độ và chiều dài của các vết nứt này.

Tăng độ dẻo (Ductility enhancement): Trong HSM, vốn đã rất bền chắc và cứng, sợi PP đóng vai trò như hệ thống vi gia cường phân tán, giúp vật liệu trở nên dẻo hơn trước khi phá hủy.

Sợi PP không tăng nhiều cường độ chịu nén, nhưng giúp kéo dài giai đoạn biến dạng đàn hồi – dẻo và cải thiện khả năng chống nứt lan, đặc biệt hiệu quả khi dùng cùng sợi thép. Điều này rất quan trọng trong các kết cấu chịu tải động (cầu, sàn, cột trong vùng động đất).

3. Quy trình chế tạo lớp vữa cường độ cao sử dụng sợi phi kim

3.1. Chuẩn bị vật liệu



Hình 3. Sấy khô vật liệu, sàng kiểm tra thành phần hạt.

Cốt liệu nhỏ được sấy khô trước khi sử dụng (hình 2.3). Cát sau khi sấy khô sẽ được sàng để kiểm tra thành phần hạt, các hạt không lọt sàng kích thước 1,25 mm sẽ được loại bỏ.

Xi măng và silica fume được sàng để loại bỏ các hạt vón cục do bị ẩm trong quá trình lưu trữ.

Nước và phụ gia siêu dẻo được chuẩn bị và cân theo khối lượng của cấp phối.

3.2. Quy trình trộn



Hình 3. Trộn và đúc mẫu bê tông.

Để đảm bảo cho kết quả không bị sai lệch trong quá trình đúc mẫu nên quy trình được đúc đồng bộ theo quy trình như sau đây:

- + Trộn khô hỗn hợp đã chuẩn bị gồm xi măng, cát, silica fume, silica powder trong vòng (5 phút)
- + Đổ nước theo chiều kim đồng hồ và ngược lại xung quanh miệng xoong trộn sao cho hỗn hợp được đều trộn hỗn hợp trong vòng (3 phút);
- + Đổ chất phụ gia siêu dẻo vào hỗn hợp xung quanh miệng cối máy trộn sao cho đều và để hỗn hợp quay trong vòng (2 phút).
- + Kiểm tra độ chảy xòe.

3.3. Đúc mẫu

- + Chuẩn bị ván khuôn (vặn chặt khuôn mẫu, bôi trơn khuôn mẫu);
- + Đổ hỗn hợp đã trộn vào khuôn đo độ xòe;

- + Đổ hỗn hợp đã trộn vào khuôn mẫu đã chuẩn bị;
- + Khi đổ mẫu mỗi bên ván khuôn ta gõ 25 lần để cho bọt khí được thoát ra không làm ảnh hưởng đến cường độ của bê tông.

3.4. Tháo ván khuôn và bảo dưỡng mẫu

Mẫu được tháo ván khuôn sau 2 ngày bảo dưỡng ở điều kiện phòng. Sau khi tháo mẫu, các mẫu được bảo dưỡng trong các điều kiện: không khí, nhiệt ẩm, nhiệt và nước theo chương trình thí nghiệm.

Trong UHPC, vốn đã rất bền chắc và cứng, sợi PP đóng vai trò như hệ thống vi gia cường phân tán, giúp vật liệu trở nên dẻo hơn trước khi phá hủy.

Sợi PP không tăng nhiều cường độ chịu nén, nhưng giúp kéo dài giai đoạn biến dạng đàn hồi – dẻo và cải thiện khả năng chống nứt lan, đặc biệt hiệu quả khi dùng cùng sợi thép.

Điều này rất quan trọng trong các kết cấu chịu tải động (cầu, sàn, cột trong vùng động đất).

Mẫu được tháo ván khuôn sau 2 ngày bảo dưỡng ở điều kiện phòng. Sau khi tháo mẫu, các mẫu được bảo dưỡng trong các điều kiện: không khí, nhiệt ẩm, nhiệt và nước theo chương trình thí nghiệm.

4. Đánh giá ảnh hưởng hàm lượng sợi PP đến tính chất của vữa cường độ cao

Tiến hành thí nghiệm xác định tính chất cơ lý của các mẫu vữa cường độ cao trên hệ thống máy nén uốn tự động Advantest 9 tại phòng thí nghiệm xây dựng công trình ngầm, Trường Đại học Mỏ địa chất (Bảng 3).

Bảng 3. Số liệu thí nghiệm ảnh hưởng hàm lượng sợi PP đến tính chất của vữa cường độ cao.

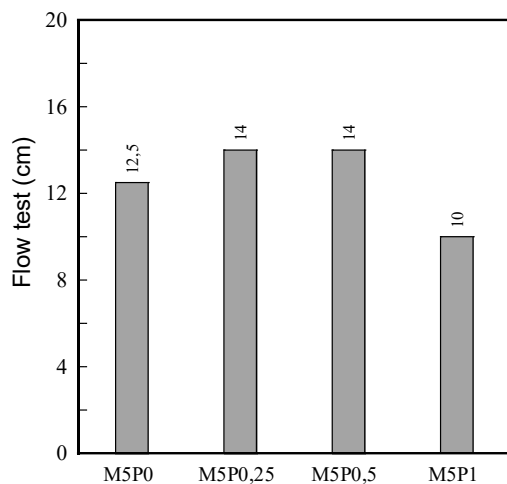
Thông số		M5P0	M5P0,25	M5P0,5	M5P1
Cường độ chịu nén	Mẫu 1	109,2	104,81	84,66	85,34
	Mẫu 2	121,81	82,38	83,93	79,04
	Mẫu 3	116,7	90,76	80,84	77,29
	Cường độ nén TB	115,90	92,65	83,14	80,56
	Độ lệch	6,34	11,33	2,03	4,23
Cường độ chịu kéo khi uốn	Mẫu 1	14,70	10,50	10,33	11,91
	Mẫu 2	12,52	11,30	10,56	11,93
	Mẫu 3	13,21	10,91	14,95	9,03
	Cường độ chịu uốn TB	13,48	10,90	11,95	10,96
	Độ lệch	1,11	0,40	2,60	1,67
Khối Lượng thể tích (Kg/m ³)		2432	2223	2256	2278
Độ chảy xòe (cm)		12,5	14	14	10

Phân tích độ chảy xòe các mẫu vữa cường độ cao cho thấy, khi tăng tỷ lệ hàm lượng sợi PP từ 0-0,5 % trong mẫu vữa làm tăng độ chảy xòe. Nhưng khi tăng hàm lượng quá 0,5 % thì độ chảy xòe của các mẫu vữa có xu hướng giảm. Điều này được giải thích rằng, sợi PP có bề mặt

trơn nhẵn và không thấm nước, khi được trộn đều vào vữa, chúng có thể hoạt động như các "viên bi lăn" giữa các hạt cốt liệu. Điều này làm giảm ma sát nội tại trong hỗn hợp, giúp các hạt vật liệu di chuyển dễ dàng hơn dưới tác dụng của trọng lực, từ đó tăng độ chảy xòe. Bên

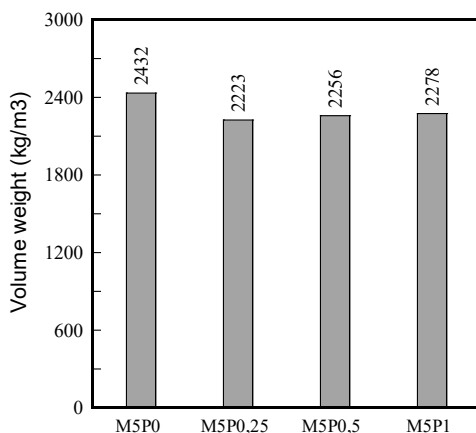
cạnh đó, sợi PP có tác dụng giảm hiện tượng tách nước. Sợi PP phân tán đều trong vữa có khả năng giữ nước tốt hơn, ngăn cản hiện tượng nước thoát ra khỏi hỗn hợp. Khi nước được giữ lại đồng đều, tính lưu động của vữa được duy trì, dẫn đến độ chảy xòe cao hơn. Đồng thời, sợi PP có kích thước nhỏ và mảnh có thể lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu, tạo ra một cấu trúc phân bố hạt tối ưu hơn. Điều này giúp giảm lực cản nội bộ, cho phép vữa chảy xòe dễ dàng hơn khi thực hiện thí nghiệm xác định độ chảy xòe.

Tuy nhiên, nếu tăng quá nhiều hàm lượng, sợi PP có thể gây cản trở cấu trúc khi thí nghiệm xác định độ chảy xòe, làm giảm độ linh động của hỗn hợp vữa cường độ cao.



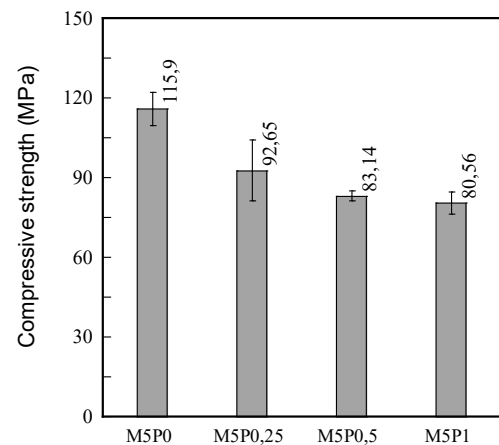
Hình 4. Kết quả phân tích độ chảy xòe.

Sợi PP có khối lượng riêng ($\sim 0,91 \text{ g/cm}^3$) thấp hơn nhiều so với các thành phần khác trong vữa cường độ cao. Do vậy, khi thay thế một phần cốt liệu hoặc chiếm thể tích trong hỗn hợp, sợi PP làm giảm tổng khối lượng trên một đơn vị thể tích. Kết quả xác định khối lượng thể tích của các loại bê tông cường độ cao được tổng hợp trong Bảng 3. Nhìn chung, khối lượng thể tích của các mẫu dao động từ 2223 đến 2432 kg/m^3 .

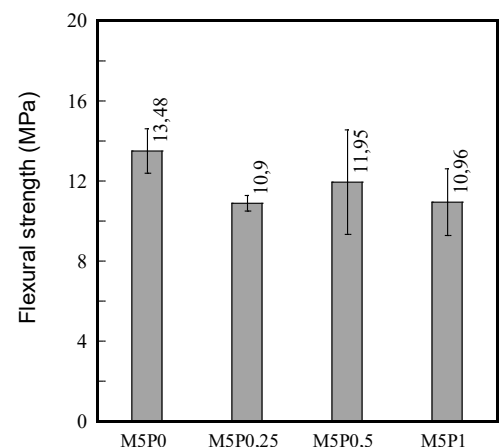


Hình 5. Kết quả phân tích độ khối lượng thể tích.

Khi so sánh với mẫu M5 có gia cường sợi phi kim với hàm lượng 0,25 % (M5_P0.25), cường độ nén của mẫu này chỉ đạt 92,65 MPa và uốn đạt 11,33 MPa. So với mẫu gốc M5, điều này cho thấy cường độ nén của M5_P0.25 đã giảm khoảng 51 % và cường độ uốn giảm khoảng 59 % so với M8F3. Nhận xét này phản ánh tác động tiêu cực của một số loại cốt sợi (đặc biệt là sợi phi kim với hàm lượng chưa tối ưu) đến độ đặc chắc của bê tông, do các sợi làm gián đoạn bê tông nền và tạo ra các vi lỗ rỗng trong cấu trúc vật liệu. Đây là kết quả khoa học quan trọng, giúp tối ưu hóa lựa chọn loại sợi và hàm lượng trong các nghiên cứu tiếp theo để đảm bảo hiệu quả gia cường cao nhất.



Hình 6. Kết quả phân tích cường độ chịu nén.



Hình 7. Kết quả phân tích cường độ chịu uốn.

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã đánh giá ảnh hưởng của sử dụng sợi PP đến độ chảy xòe, khối lượng thể tích, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn. Nhìn chung, việc bổ sung cốt sợi phi kim vào mẫu vữa cường độ cao làm giảm cả cường độ nén và uốn. Đặc biệt, khi hàm lượng sợi $\geq 0,5 \%$, hiệu quả gia cường không tăng thêm đáng kể, trong

khi ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ cơ học vẫn tiếp diễn. Do đó, cần cần nhắc kỹ lưỡng về:

- Loại sợi sử dụng.
- Hàm lượng sợi tối ưu (gợi ý nên dưới 0,5 %).
- Phương pháp trộn và phân tán sợi trong hỗn hợp bê tông.

Mức sợi hợp lý cần được xác định tùy theo mục tiêu sử dụng cụ thể.

- Khi sử dụng phụ gia siêu dẻo 5000P gốc polymer thay cho siêu dẻo 5000F gốc carbonxylate, cường độ chịu nén tăng từ 80,56 lên 92,65 MPa (13 %).

- Khi thêm sợi phi kim độ chảy xoè giảm, cường độ chịu nén giảm, cường độ chịu uốn thay đổi không đáng kể.

- Cường độ chịu nén cao nhất của vữa cường độ cao cốt sợi PP là 104 MPa, cường độ chịu uốn cao nhất đạt 14,95 MPa.

- Cường độ chịu uốn không thay đổi có thể do cường độ chịu kéo của sợi không cao, khi cho vào bê tông cường độ cao và bình thường thì có thể giúp cải thiện, nhưng do sử dụng trong bê tông cường độ siêu cao, lực dính giữa sợi và bê tông lớn dẫn tới vượt quá khả năng chịu kéo của sợi phi kim (500 MPa).

Sử dụng vữa cường độ cao cốt sợi phi kim có nhiều tiềm năng ứng dụng cho các công trình biển đảo. Việc tăng cường sợi phi kim giúp tăng khả năng chống nứt, co ngót của bê tông, là vật liệu tiềm năng khi nghiên cứu ứng dụng cho các công trình biển đảo.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 10306:2014-Bê tông cường độ cao, (2014) 26.
- [2]. Thủ tướng Chính phủ, Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050.
- [3]. Thủ tướng Chính phủ, Ban hành Danh mục công nghệ cao được ưu tiên đầu tư phát triển và Danh mục sản phẩm công nghệ cao được khuyến khích phát triển.
- [4]. Satish Jain, Structural Rehabilitation of Buildings • Structural Deterioration :, in: Struct. Rehabil. Build. Using UHPC, 2017: p. 16.
- [5]. tapchixaydung.vn, uhpc.com.vn, Tapchixaydung.Vn (2021).
- [6]. Dr. Aljoša Šajna Slovenian, Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) for durable rehabilitation of bridges Dr. Aljoša Šajna.
- [7]. L. Ahmed Shiba, A. Peyvandi, P. Soroushian, A.M. Balachandra, K. Sobolev, Evaluation of modified-graphite nanomaterials in concrete nanocomposite based on packing density principles, Constr. Build. Mater. 76 (2015) 413–422. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.019>.
- [8]. Z. Hajar, J. Resplendino, D. Lecointre, J. Petitjean, A. Simon, Ultra-high-performance concretes: First recommendations and examples of application, 2004.
- [9]. M. Schmidt, E. Fehling, Ultra-high-performance concrete: Research, development and application in Europe, Am. Concr. Institute, ACI Spec. Publ. SP-228 (2005) 51–77. <https://doi.org/10.14359/14460>.
- [10]. Nguyễn Như QUÝ, Tạp chí KHCN Xây Dựng, số 16, 6/2013 (2013).
- [11]. N.C. Thắng, 2013_NUCE_Tuan NV_Che tạo BTCLSC su dung silica fume va xi lo cao nghien min o VN. (2013).
- [12]. N.V. Tuấn, thêm phụ gia khoáng vào BTCĐSC, (2015).
- [13]. L.T. Thành, Ảnh Hưởng Của Chế Độ Dưỡng Hộ Đến Cường Độ Chịu Nén Của Bê Tông Chất Lượng Siêu Cao, Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (2017) 23–29.
- [14]. V.V. Thiên Ân, B.D. Đại, NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SILICA FUME KẾT NÉN CỐ ĐỘ, Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng NUCE 13 (2019) 13–20.
- [15]. P. Typical, I.P.G. For, B. Using, L. Uhpcc, ĐỀ XUẤT MỘT SỐ TIẾT DIỆN CHỮ I ĐỊNH HÌNH CHO DẦM CẦU, 14 (2020) 1–13.
- [16]. H.A. Le, T.T. Bui, Nghiên cứu đánh giá tổng quan các đặc tính cơ học của bê tông chất lượng siêu cao UHPC - kinh nghiệm từ Cộng hòa Liên bang Đức, J. Sci. Technol. 56 (2020) 65–69.
- [17]. 6260_2009, TCVN6260_2009, Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6260:2009 về Xi măng pooc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật (năm 2009).
- [18]. TCVN. 2682-1992, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2682:1992 về xi măng pooc lăng - yêu cầu kỹ thuật (năm 1992).
- [19]. TCVN. 6260-1997, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6260:1997 về xi măng pooc lăng hỗn hợp - yêu cầu kỹ thuật (năm 1997).
- [20]. Bộ xây dựng, TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật, Hà Nội (2006) 14.
- [21]. T. 4506:2012, TCVN 4506:2012 Water for concrete and mortar - Technical specification, Stand. Vietnam. TCVN - 4506:2012 (2012) 7.
- [22]. И.С.Х. Растворов, Гост 23732-2011, Вода Для Бетонов И Строительных Растворов. Технические Условия, (2012) 16.
- [23]. T. 8826:2011, TCVN 8826:2011, TCVN 8826:2011 - Phụ gia hoá học cho bê tông (2011) 1–86.
- [24]. Ministry of Science & Technology, TCVN 3118:2022: Hardened concrete – Test method for compressive strength, (2022).