

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG SỢI POLYPROPYLENE TRONG SẢN XUẤT BÊ TÔNG BỌT

Nguyễn Thị Mùi¹, Mai Thị Hồng¹, Lê Sỹ Chính¹

TÓM TẮT

Để tiết kiệm tài nguyên, giảm tải trọng của công trình đồng thời tăng khả năng chịu uốn, nghiên cứu này sử dụng sợi polypropylene (PP) trong sản xuất bê tông bọt. Bốn mẫu bê tông bọt được thiết kế với tỷ trọng 1000 kg/m³ và tỷ lệ nước/chất kết dính bằng 0,25. Hàm lượng cát và xỉ lò cao nghiền mịn (XLCNM) tương ứng bằng 25% và 40% so với tổng hàm lượng chất kết dính. Hàm lượng sợi PP sử dụng bằng 0%; 0,3%; 0,6% và 1,0% tổng khối lượng chất kết dính và ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt được nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng sợi PP, khối lượng thể tích bê tông tươi, khối lượng thể tích bê tông khô, độ truyền nhiệt và vận tốc truyền xung siêu âm của bê tông giảm; tuy nhiên cường độ chịu uốn, cường độ chịu nén và độ hút nước tăng. Mẫu sử dụng 1% sợi PP cho cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén lớn nhất trong khi khối lượng thể tích và hệ số truyền nhiệt thấp nhất. Sợi PP đóng vai trò như cốt thép trong bê tông thông thường giúp cải thiện khả năng chịu lực nén và đặc biệt là khả năng chịu uốn của bê tông bọt.

Từ khóa: Sợi polypropylene, bê tông bọt, xỉ lò cao nghiền mịn, phế thải công nghiệp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, nhiều công trình cao tầng quy mô lớn được xây dựng. Việc giảm tải trọng công trình được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu bởi vì nó giúp làm giảm chi phí kết cấu, đặc biệt là phần nền móng. Trong đó, giải pháp sử dụng các loại vật liệu nhẹ thay thế các vật liệu truyền thống như bê tông nặng đang được nhiều nhà nghiên cứu trong và ngoài nước thực hiện. Để giảm trọng lượng của vật liệu, các nhà nghiên cứu đã tạo ra các khoảng trống giữa các cốt liệu lớn bằng cách không sử dụng cốt liệu mịn, hoặc sử dụng các bọt khí, bong bóng khí (bê tông bọt, bê tông khí chưng áp), hoặc sử dụng các cốt liệu nhẹ thay thế các cốt liệu truyền thống (bê tông cốt liệu nhẹ). Trong số các loại vật liệu nhẹ kể trên thì bê tông bọt được xem là loại vật liệu có tiềm năng ứng dụng lớn bởi vì khối lượng bản thân nhỏ, khả năng cách âm và cách nhiệt tốt, tiết kiệm tài nguyên và giảm chi phí xây dựng [1]. Ngoài ra có thể tận dụng các loại phế thải công nghiệp như tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt [2][3]. Một số nghiên cứu về bê tông bọt cho thấy thành phần, tính chất của các vật liệu đầu vào khác nhau, phương pháp chế tạo mẫu khác nhau sẽ tạo ra các loại bê tông bọt có tính chất khác nhau [4][5]. Hơn nữa, khả năng chịu lực của bê tông bọt liên quan mật thiết đến khối lượng đơn vị thể tích của nó, có nghĩa là bê tông càng nhẹ thì cường độ chịu nén càng thấp [2][3][6]. Như vậy, rất khó để có thể tạo ra bê tông bọt vừa nhẹ lại vừa có khả năng chịu lực cao.

¹ Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức; Email: nguyenthimui@hdu.edu.vn

Để cải thiện đặc tính về khả năng chịu lực của bê tông bọt, một số nghiên cứu đã sử dụng cốt sợi trong sản xuất bê tông bọt trong đó có sợi PP. Đây là một loại sợi tơ tổng hợp mỏng, nhẹ, có độ dẻo dai cao, không thấm nước, có khả năng chịu kéo và chịu biến dạng lớn. Các kết quả nghiên cứu sử dụng sợi PP trong bê tông bọt đã chỉ ra rằng cường độ chịu lực của bê tông bọt đã được cải thiện, trong đó ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP lên cường độ chịu uốn là rõ rệt và lớn hơn so với cường độ chịu nén [7][8].

Mặt khác, xu hướng phát triển công nghiệp ngày càng tăng trên thế giới, đã thải ra một lượng chất thải lớn như tro bay, tro xỉ, tro đáy, xỉ lò cao... Lượng chất thải này ngày càng tăng trong khi đó biện pháp xử lý chủ yếu là đem đi chôn lấp trong các bãi chôn lấp. Phương pháp này tiêu tốn một diện tích lớn đất nông nghiệp cũng như tình trạng một số bãi chôn lấp bị quá tải, nguy cơ rò rỉ các chất thải gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Tại Việt Nam, theo khảo sát hàng năm lượng phế thải tro xỉ, tro đáy của các nhà máy nhiệt điện thải ra khoảng 30 triệu tấn và lượng xỉ lò cao của các nhà máy luyện kim khoảng 7 triệu tấn [9]. Vì vậy, việc khuyến khích sử dụng các loại phế thải công nghiệp trong sản xuất vật liệu xây dựng thay vì chôn lấp chúng là một giải pháp cần thiết. Tuy nhiên, việc sử dụng các loại chất thải này tại Việt Nam còn rất hạn chế. Đặc biệt là ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP lên cường độ chịu uốn và chịu nén của bê tông bọt có sử dụng XLCNM như là một phần chất kết dính thay thế xi măng chưa được đề cập đến trong các nghiên cứu trước.

Để khuyến khích việc sử dụng các phế thải công nghiệp trong sản xuất vật liệu xây dựng, nghiên cứu này sử dụng XLCNM để thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông bọt. Bên cạnh đó, sợi PP cũng được sử dụng nhằm cải thiện khả năng chịu lực của bê tông bọt. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt cũng được xem xét và nghiên cứu trong bài báo này, đặc biệt là ảnh hưởng của nó lên khả năng chịu uốn và chịu nén.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Nghiên cứu này sử dụng các chất kết dính là xi măng và XLCNM. Xi măng PCB40 được lấy từ nhà máy xi măng Nghi Sơn, trong khi XLCNM loại S95 được lấy từ nhà máy thép Hòa Phát có khối lượng riêng lần lượt là $3,12 \text{ (T/m}^3\text{)}$ và $2,82 \text{ (T/m}^3\text{)}$. Cát sông tự nhiên tại huyện Thọ Xuân tỉnh Thanh Hóa có khối lượng riêng $2,68 \text{ tấn/m}^3$, đường kính cỡ hạt chọn trong khoảng $0,15 \text{ mm} - 0,63 \text{ mm}$ để không bị xảy ra hiện tượng phân tầng trong bê tông bọt do các hạt cát to lắng xuống đáy. Phụ gia siêu dẻo THTSP-10 ở dạng bột có khối lượng thể tích $1,07 \text{ tấn/m}^3$ và chất tạo bọt EABASSOC dạng lỏng có khối lượng thể tích $1,02 \text{ tấn/m}^3$ được cung cấp bởi Công ty TNHH Thương mại và Đầu tư Thăng Tiến. Sợi PP dạng tơ mỏng có khối lượng thể tích $0,91 \text{ tấn/m}^3$, đường kính sợi $0,03 \text{ mm}$, sợi dài 12 mm , cường độ chịu uốn lớn hơn 500 MPa và có độ giãn dài khoảng $15\% - 20\%$. Tính chất vật lý và thành phần hóa học của xi măng, XLCNM được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Tính chất vật lý và thành phần hóa học của xi măng và xỉ lò cao nghiền mịn

Vật liệu	Thành phần hóa học (%)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Xi măng	22,30	22,30	4,73	55,45	2,40
XLCNM	36,87	12,38	-	30,73	14,8
	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Lượng mất khi nung
Xi măng	1,28	0,56	0,74	0,65	0,45
XLCNM	0,41	0,33	0,92	0,39	0,38

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối bê tông bọt

Bốn mẫu bê tông bọt được thiết kế với tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) = 0,25. Hàm lượng XLCNM và cát bằng 40% và 25% so với tổng hàm lượng chất kết dính (gồm xi măng và XLCNM). Hàm lượng sợi PP sử dụng trong bốn mẫu bằng 0%; 0,3%; 0,6%; 1% tổng khối lượng chất kết dính, và được ký hiệu lần lượt là M00, M30, M60, M100. Trong đó mẫu đối chứng M00 không sử dụng sợi PP. Phụ gia siêu dẻo SP được sử dụng để giảm lượng nước và tăng tính công tác trong bê tông. Lượng bọt sử dụng được điều chỉnh thông qua quá trình thử nghiệm để các mẫu bê tông có khối lượng thể tích khô nằm trong khoảng 950 kg/m³ - 1050 kg/m³. Thành phần cấp phối vật liệu của các mẫu bê tông bọt được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thành phần cấp phối của các mẫu bê tông bọt

Tên mẫu	N/CKD	Thành phần cấp phối (kg/m ³)						Thể tích bọt (m ³)
		Xi măng	XLCNM	Cát	Nước	Phụ gia siêu dẻo	Sợi PP	
M00	0,25	483	322	201	202	1,28	0	0,454
M30		482	321	201	201	1,34	2,41	0,452
M60		481	321	200	201	1,39	4,81	0,451
M100		480	320	200	200	1,47	7,99	0,449

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Công tác chuẩn bị vật liệu, đúc mẫu và thí nghiệm được tiến hành tại Xưởng thực hành, khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức. Trình tự, cách trộn và các bước tạo mẫu của bê tông bọt trong nghiên cứu này được thực hiện tương tự nghiên cứu của Bing và cộng sự [10], trong đó sợi PP được cho vào trộn đảm bảo sợi phân bố đồng đều trong hỗn hợp. Các mẫu bê tông có kích thước 40×40×160 mm được chuẩn bị để thực hiện các thí nghiệm xác định các thông số kỹ thuật của bê tông bọt, bao gồm: Khối lượng thể tích bê tông tươi; khối lượng thể tích khô, cường độ chịu nén được xác định theo TCVN 9030:2017; cường độ chịu uốn được xác định theo TCVN 3121:2003, độ hút nước được xác định theo TCVN 3113:1993, hệ số truyền nhiệt được đo bằng thiết bị đo cầm tay nhãn hiệu ISOMET 2014, vận tốc truyền xung siêu âm được đo trực tiếp bằng thiết bị MATEST-C369N tuân theo tiêu chuẩn ASTM C597. Giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, vận tốc truyền xung siêu âm được kiểm tra khi bê tông đạt 7, 14 và 28 ngày tuổi, trong khi khối lượng thể tích khô, độ hút nước, độ truyền nhiệt được kiểm tra tại 28 ngày tuổi. Kết quả ghi trong bài báo là giá trị chung của ba mẫu thử. Ngoài ra, hình ảnh vi cấu trúc của các mẫu bê tông bọt cũng được quan sát bằng máy hiển vi điện tử quét với độ phóng đại 300 lần.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khối lượng thể tích bê tông tươi và khối lượng thể tích khô

Các giá trị khối lượng thể tích của bê tông bọt được thống kê ở bảng 3. Khối lượng thể tích bê tông tươi và khô của bê tông bọt thay đổi từ 1209 kg/m^3 - 1150 kg/m^3 và 1050 kg/m^3 - 1009 kg/m^3 tương ứng với hàm lượng sợi PP sử dụng 0%; 0,3%; 0,6%; 1%. Dễ dàng nhận thấy khối lượng thể tích khô của bê tông bọt giảm 12,26% - 13,15% so với khối lượng thể tích của bê tông tươi. Sự giảm khối lượng thể tích này là do sự bốc hơi của nước trong quá trình sấy mẫu để đo khối lượng thể tích bê tông khô. Hơn nữa, khi so sánh khối lượng thể tích bê tông bọt ở trạng thái khô với bê tông thông thường (khoảng 2500 kg/m^3) thì bê tông bọt có khối lượng thể tích chỉ bằng 40% - 42%, nhẹ hơn rất nhiều so với bê tông thông thường. Nguyên nhân là do có sự chiếm chỗ của bọt khí trong cấu trúc của bê tông bọt.

Khối lượng thể tích bê tông tươi và khô của các mẫu bê tông bọt giảm theo hàm lượng sợi PP sử dụng. So sánh với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP ở trạng thái khô (1050 kg/m^3) thì khối lượng thể tích của bê tông khô giảm 1,34%; 2,19%; 4,06% tương ứng với lượng sợi PP sử dụng 0,3%; 0,6%; 1%. Sự giảm khối lượng thể tích này là do sợi PP có khối lượng thể tích ($0,91 \text{ tấn/m}^3$) nhỏ hơn rất nhiều so với khối lượng thể tích của các vật liệu khác như xi măng ($3,12 \text{ tấn/m}^3$) và XLCNM ($2,82 \text{ tấn/m}^3$). Tất cả các mẫu bê tông trong nghiên cứu này có khối lượng thể tích khô nằm trong khoảng $1000 \pm 50 \text{ kg/m}^3$, được phân loại là D1000 dựa theo TCVN 9029-2017 về bê tông nhẹ.

Bảng 3. Khối lượng thể tích (kg/m^3)

Tên mẫu	Khối lượng thể tích bê tông tươi (kg/m^3)	Khối lượng thể tích bê tông khô (kg/m^3)
M00	1209	1050
M30	1190	1037
M60	1167	1027
M100	1150	1009

3.2. Cường độ chịu nén

Nghiên cứu tiến hành thí nghiệm xác định cường độ chịu nén cho các mẫu bê tông bọt tại 7, 14, 28 ngày tuổi, kết quả được trình bày ở Bảng 4. Từ bảng 4 cho thấy, cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bọt tăng theo thời gian, đạt giá trị cao nhất tại 28 ngày tuổi. Có sự gia tăng cường độ chịu nén là do quá trình thủy hóa của xi măng và các phản ứng pozzolanic của XLCNM tạo ra các keo liên kết C-S-H. Hàm lượng các keo này tăng theo thời gian bảo dưỡng và làm tăng cường độ chịu nén của bê tông bọt [2]. Hơn nữa, cường độ chịu nén của bê tông bọt còn tăng theo hàm lượng sử dụng sợi PP. Cụ thể, tại 28 ngày tuổi bê tông bọt có cường độ chịu nén 9,26; 9,63; 10,24 MPa tương ứng với lượng sợi PP sử dụng 0,3; 0,6; 1%. So với mẫu đối chứng (M00) không sử dụng sợi PP (9,01 MPa) thì cường độ chịu nén tăng 2,8%; 6,88%; 13,65% tương ứng. Có sự gia tăng cường độ chịu nén này là do sợi PP có cường độ chịu kéo lớn (lớn hơn 500MPa) và nó có vai trò tương tự như cốt thép trong bê tông, có tác dụng chống lại sự xuất hiện và phát triển các vết nứt. Kết quả nghiên cứu này cũng tương đồng với kết quả của các nghiên cứu trước [7][11]. Theo TCVN 9029-2017 về bê tông nhẹ, các mẫu bê tông bọt trong nghiên cứu này có cấp độ bền B5 (cường độ chịu nén không nhỏ hơn 7,0 MPa).

Bảng 4. Cường độ chịu nén (MPa)

Tên mẫu	Cường độ chịu nén (MPa)		
	7 ngày	14 ngày	28 ngày
M00	6,16	7,36	9,01
M30	6,34	7,58	9,26
M60	6,76	7,86	9,63
M100	6,95	8,25	10,24

3.3. Cường độ chịu uốn

Kết quả cường độ chịu uốn tại 7, 14 và 28 ngày tuổi của các mẫu bê tông bọt được trình bày ở Bảng 5. Tương tự như cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn tăng theo ngày tuổi và tăng theo hàm lượng sợi PP sử dụng. Cường độ chịu uốn đạt giá trị lớn nhất tại 28 ngày tuổi và thay đổi trong khoảng 2,46 - 3,85 MPa. So sánh với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP (M00) tại 28 ngày tuổi thì cường độ chịu uốn tăng từ 7,31%; 30,1%; 56,5% ứng với hàm lượng sợi PP sử dụng 0,3%; 0,6%; 1,0%. Nguyên nhân là sợi PP có cường độ chịu kéo lớn (lớn hơn 500 MPa). Vì vậy nó đóng vai trò như cốt thép trong bê tông để chịu kéo và chống lại sự xuất hiện và phát triển của các vết nứt, do đó làm tăng cường độ chịu uốn. Kết quả nghiên cứu này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Wu và các cộng sự [12]. Hơn nữa, kết quả nghiên cứu còn chỉ ra khi sử dụng sợi PP thì sự phát triển cường độ chịu uốn trong bê tông bọt tăng nhanh hơn so với cường độ chịu nén. Cụ thể, với cùng hàm lượng sợi PP sử dụng 1% tại cùng 28 ngày tuổi thì cường độ chịu uốn tăng 56,5%, cường độ chịu nén chỉ tăng 13,65%.

Bảng 5. Cường độ chịu uốn (MPa)

Tên mẫu	Cường độ chịu uốn (MPa)		
	7 ngày	14 ngày	28 ngày
M00	1,58	1,94	2,46
M30	1,76	2,29	2,64
M60	2,02	2,85	3,20
M100	2,54	3,23	3,85

3.4. Độ hút nước

Độ hút nước phản ánh tính thấm nước của vật liệu và liên quan đến độ đặc chắc trong bê tông. Kết quả về độ hút nước của bê tông bọt trong bảng 6 cho thấy khi tăng hàm lượng sợi PP thì độ hút nước tăng. Cụ thể, tại 28 ngày tuổi độ hút nước tăng từ 10,87%; 10,96%; đến 11,31% ứng với hàm lượng sợi PP sử dụng là 0,3%; 0,6%; 1%. So với mẫu đối chứng (M00) không sử dụng sợi PP (10,70%) thì độ hút nước tăng 1,59%; 2,43%; 5,70% tương ứng. Nguyên nhân là sợi PP là loại sợi không thấm nước, vì vậy nó có tác dụng giữ nước, theo thời gian khi bê tông đông cứng lượng nước này bay hơi tạo thành các lỗ rỗng trong bê tông bọt. Khi hàm lượng sợi PP sử dụng tăng sẽ làm gia tăng sự hình thành các lỗ rỗng, dẫn đến độ hút nước trong bê tông bọt tăng. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Jhatial và cộng sự [7].

Bảng 6. Độ hút nước (%)

Tên mẫu	Độ hút nước (%)	Tên mẫu	Độ hút nước (%)
M00	10,70	M60	10,96
M30	10,87	M100	11,31

3.5. Vận tốc truyền xung siêu âm

Vận tốc truyền xung siêu âm dùng để đánh giá sự đồng nhất, đặc chắc, khả năng phát hiện các khuyết tật trong bê tông như các vết nứt, lỗ rỗng. Kết quả đo vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu bê tông bọt được thể hiện trong bảng 7. Từ kết quả bảng này cho thấy vận tốc truyền xung siêu âm tăng theo thời gian. Nguyên nhân là do quá trình thủy hóa của xi măng và quá trình pozzolanic của XLCNM làm cho bê tông ngày càng đặc chắc. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng sử dụng sợi PP thì vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông bọt có xu hướng giảm nhẹ. Tại 28 ngày tuổi, vận tốc truyền xung siêu âm của các mẫu là 2689 m/s; 2671 m/s; 2648 m/s tương ứng với hàm lượng sợi PP sử dụng 0,3%; 0,6%; 1%. So sánh với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP (2723 m/s), vận tốc truyền xung siêu âm tương ứng giảm 1,25%; 1,91%; 2,75%. Như đã trình bày ở trên, khi tăng hàm lượng sợi PP sẽ hình thành các lỗ rỗng trong bê tông bọt, các lỗ rỗng này cản trở khả năng truyền xung siêu âm, làm tăng thời gian di chuyển của sóng, dẫn đến giá trị vận tốc truyền xung siêu âm giảm. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Dawood và các cộng sự [8].

Bảng 7. Vận tốc truyền xung siêu âm (m/s)

Tên mẫu	Vận tốc truyền xung siêu âm (m/s)		
	7 ngày	14 ngày	28 ngày
M00	2584	2671	2723
M30	2563	2634	2689
M60	2496	2614	2671
M100	2432	2547	2648

3.6. Độ truyền nhiệt

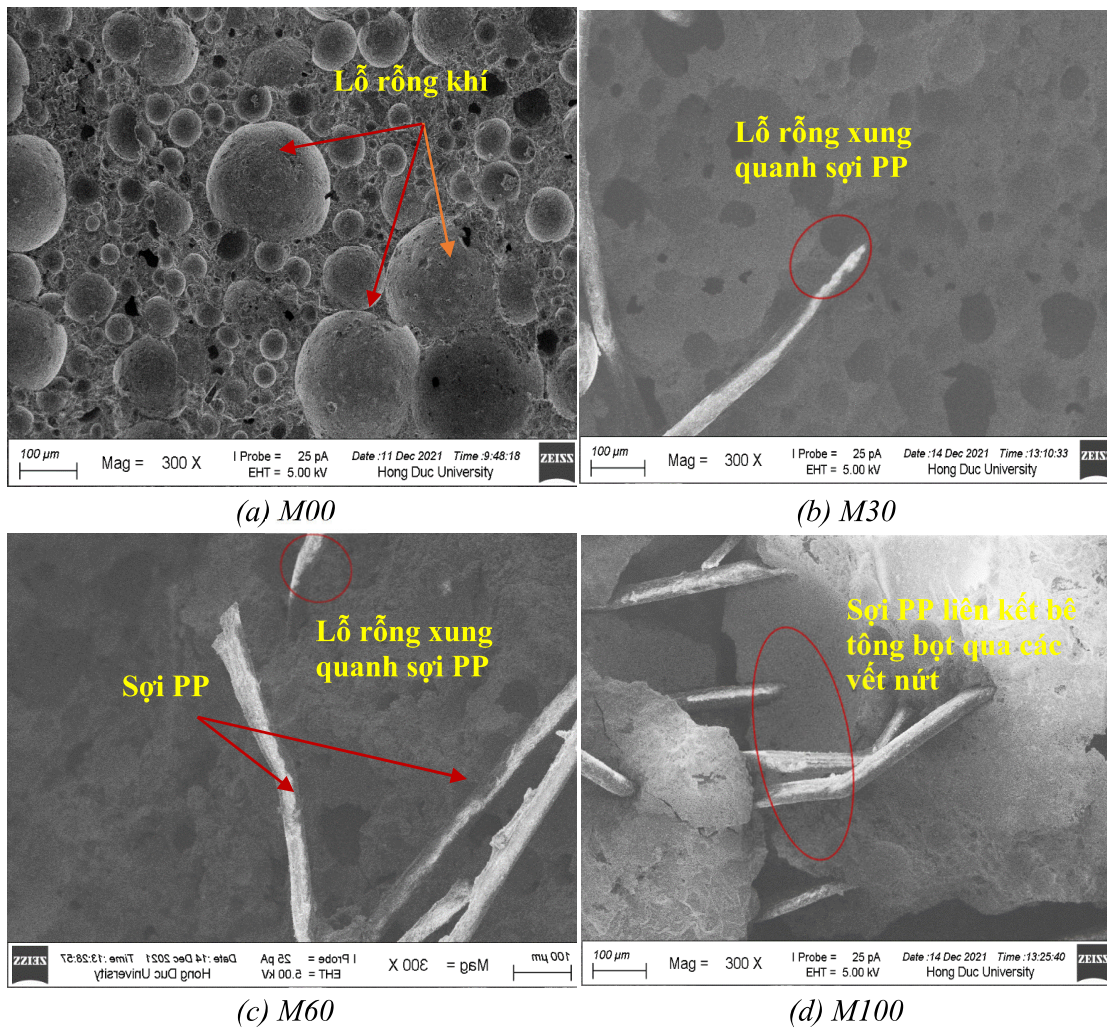
Bê tông có độ truyền nhiệt thấp thì khả năng cách nhiệt càng cao và thường được lựa chọn làm vật liệu cách nhiệt trong các công trình xây dựng. Trong nghiên cứu này đặc tính về độ truyền nhiệt của các mẫu bê tông bọt được tiến hành đo tại 28 ngày tuổi và kết quả được trình bày ở bảng 8. Có thể thấy độ truyền nhiệt của các mẫu bê tông bọt giảm và tỷ lệ nghịch với hàm lượng sợi PP sử dụng. Cụ thể, độ truyền nhiệt giảm dần từ 0,388 W/m.K; 0,383 W/m.K; 0,376 W/m.K; 0,365 W/m.K tương ứng với hàm lượng sợi PP sử dụng 0%; 0,3%; 0,6%; 1%. So với mẫu đối chứng (M00) không sử dụng sợi PP (0,388 W/m.K) thì độ truyền nhiệt giảm 1,29% - 5,93% tương ứng. Mặt khác, trong nghiên cứu này bê tông bọt có độ truyền nhiệt thấp hơn nhiều so với bê tông thông thường (1,3 - 2,9 W/mK) [12]. Điều này chứng tỏ hàm lượng sợi PP càng tăng thì độ truyền nhiệt càng giảm. Nguyên nhân là do sự hình thành các lỗ rỗng tăng theo sự gia tăng hàm lượng sợi PP như đã trình bày ở trên.

Bảng 8. Độ truyền nhiệt (W/m.K)

Tên mẫu	Độ truyền nhiệt (W/m.K)
M00	0,388
M30	0,383
M60	0,376
M100	0,365

3.7. Hình ảnh vi cấu trúc

Hình ảnh vi cấu trúc của các mẫu bê tông bọt với các hàm lượng sợi PP khác nhau được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét với độ phóng đại 300 lần và được thể hiện ở Hình 1. So sánh hình ảnh mẫu bê tông bọt sử dụng sợi PP với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP ta thấy, hình ảnh các mẫu bê tông bọt không sử dụng sợi PP chỉ xuất hiện các lỗ rỗng không khí, ở mẫu bê tông bọt sử dụng sợi PP còn xuất hiện thêm các lỗ rỗng khác xung quanh sợi PP (Hình 1b và c). Tuy nhiên ở Hình 1d chứng minh vai trò như cốt thép trong bê tông thông thường của sợi PP để tạo liên kết giữa sợi PP và bê tông bọt. Các sợi PP giúp liên kết giữa các cốt liệu trong bê tông bọt, làm giảm sự xuất hiện cũng như ngăn cản việc phát triển các vết nứt này. Hình ảnh vi cấu trúc của bê tông bọt ở Hình 1 hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu đã được trình bày ở trên, cụ thể: làm giảm khối lượng thể tích bê tông tươi và khô, giảm độ dẫn nhiệt và vận tốc truyền xung siêu âm, tuy nhiên làm tăng cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn và độ hút nước.



Hình 1. Hình ảnh vi cấu trúc của các mẫu bê tông bọt

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này sử dụng sợi PP để tăng khả năng chịu lực của bê tông bọt, đồng thời ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP lên các đặc tính kỹ thuật khác của bê tông bọt cũng được phân tích và làm sáng tỏ. Một số kết quả được rút ra từ thực nghiệm như sau:

Khi tăng hàm lượng sợi PP, khối lượng thể tích của bê tông tươi và khô giảm. Các mẫu bê tông bọt có khối lượng thể tích khô trong khoảng 1009 - 1050 kg/m³, chỉ bằng khoảng 40% - 42% so với bê tông thông thường.

Sử dụng sợi PP làm tăng cường độ chịu nén và chịu uốn của bê tông bọt. Cường độ chịu nén và chịu uốn của các mẫu bê tông bọt trong nghiên cứu này đạt 9,01 - 10,24 MPa và 2,46 - 3,85 MPa. Ảnh hưởng của sợi PP lên cường độ chịu uốn lớn hơn nhiều so với cường độ chịu nén.

Sợi PP sử dụng trong bê tông bọt làm tăng độ hút nước, tăng khả năng cách nhiệt và làm giảm giá trị vận tốc truyền xung siêu âm. Ở 28 ngày tuổi bê tông bọt có độ hút nước trong khoảng 10,70% - 11,31%; hệ số truyền nhiệt 0,365 - 0,388 W/m.K, vận tốc truyền xung siêu âm 2648 - 2723 m/s.

Hình ảnh vi cấu trúc chứng minh khả năng tạo sự liên kết giữa bê tông bọt và sợi PP, làm giảm sự xuất hiện và phát triển các vết nứt, do đó làm tăng cường độ chịu uốn và nén của bê tông bọt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Marcin Kozłowski 1 and Marta Kadela (2018), Mechanical Characterization of Lightweight Foamed Concrete, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2018, Article ID 6801258, <https://doi.org/10.1155/2018/68012583>.
- [2] Huỳnh Trọng Phước, Phạm Văn Hiền, Lê Thị Thanh Tâm, Ngô Sĩ Huy, Nguyễn Trọng Chức (2019), Ảnh hưởng của việc thay thế một phần xi măng bằng tro bay đến các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt siêu nhẹ, *Tạp chí Xây dựng*, số 58, tr.67-71.
- [3] Zhang Z., Provis J.L., Reid A., Wang H. (2015), Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete (GFC), *Cement & Concrete Composites*, 62, 97-105.
- [4] Kearsley E.P., and Wainwright P.J. (2001), The effect of high fly ash content on the compressive strength of foamed concrete, *Cement and Concrete Research*, 31, 105-112.
- [5] Ramamurthy K., Nambiar E.K.K., and Ranjani G.I.S. (2009), A classification of studies on properties of foam concrete, *Cement and Concrete Composites*, 31(6), 388-396.
- [6] Abd A.M., Jarullah D.D. (2016), Producing lightweight foam concrete building units using local resources, *Civil and Environmental Research*, 8(10), 54-63.
- [7] Jhatial, A. A., Goh, W. I., Mohamad, N., Rind, T. A., Sandhu, A. R. (2020), Development of thermal insulating lightweight foamed concrete reinforced with polypropylene fibres, *Arabian Journal of Science and Engineering*, 45, 4067-4076.
- [8] Dawood, E. T., Mohammad, Y. Z., Abbas, W. A., Mannan, M. A. (2018), *Toughness, elasticity and physical properties for the evaluation of foamed concrete reinforced with hybrid fibers*, *Heliyon*, 4:e01103. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01103>.

- [9] Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Chung (2019), Nghiên cứu đánh giá chất lượng tro bay, xỉ lò cao của các nhà máy nhiệt điện và luyện kim ở Việt Nam, *Tạp chí khoa học và Công nghệ Thủy Lợi*, số 57, tr.27-39.
- [10] Bing, C., Zhen, W., Ning, L. (2012), Experimental research on properties of high-strength foamed concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 24, 113-118.
- [11] Cavalline, T. L., Castrodale, R. W., Freeman, C., Wall, J. (2017), Impact of lightweight aggregate on concrete thermal properties, *ACI Materials Journal*, 114, 945-956.
- [12] Wu, F., Liu, C., Diao, Z., Feng, B., Sun, W., Li, X., Zhao, S. (2018), *Improvement of mechanical properties in polypropylene- and glass-fibre-reinforced peach shell lightweight concrete*, *Advances in Materials Science and Engineering*, <https://doi.org/10.1155/2018/6250941>.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE USE OF POLYPROPYLENE FIBER IN THE PRODUCTION OF FOAMED CONCRETE

Nguyen Thi Mui, Mai Thi Hong, Le Sy Chinh

ABSTRACT

To save natural resources, reduce the dead load as well as enhance the flexural strength, this study is to investigate into the use of polypropylene (PP) fiber in the production of lightweight foamed concrete (LFC). Four mixtures were designed with a density of 1000 kg/m³ and a constant water-to-binder ratio of 0.25. Sand and ground granulated blast furnace slag contents were equal to 25% and 40% total amount of binder, respectively. The PP fiber contents were 0, 0.3, 0.6, and 1% total amount of binders, and the effect of PP fiber contents on the engineering properties of LFC was investigated. The test results indicate that the presence of PP fiber reduces the unit weight of fresh and hardened concrete, thermal conductivity, and ultrasonic pulse velocity but increases the compressive strength and flexural strength. The mixture with 1% PP fiber yields the highest compressive strength and flexural strength, and the lowest unit weight and thermal conductivity. The PP fiber plays a very important role as reinforcement in conventional concrete to enhance the compressive strength, and increase the flexural strength significantly.

Keywords: *Polypropylene fiber, lightweight foamed concrete, ground granulated blast furnace slag, industrial waste.*

* Ngày nộp bài: 3/6/2022; Ngày gửi phản biện: 27/6/2022; Ngày duyệt đăng: 27/10/2022

* Bài báo này là kết quả nghiên cứu từ đề tài cấp cơ sở, Mã số đề tài ĐT-2021-16 của Trường Đại học Hồng Đức.