

NGHIÊN CỨU TẬN DỤNG THỦY TINH PHẾ THẢI ĐỂ SẢN XUẤT BÊ TÔNG MÁC 350

UTILIZATION OF WASTE GLASS IN MANUFACTURING OF CONCRETE WITH COMPRESSIVE STRENGTH OF 350

Hồ Viết Thắng

Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng; hvthang@dut.udn.vn

Tóm tắt - Với quá trình đô thị hóa ngày càng nhanh thì nhu cầu về xây dựng không thể tách rời, trong đó xi măng bê tông được xem là vật liệu cần thiết. Tuy nhiên, việc sản xuất xi măng luôn gắn liền với vấn đề ô nhiễm môi trường do khí thải và do khai thác tài nguyên thiên nhiên. Bên cạnh đó, rác thải thủy tinh cũng gây ra vấn đề báo động về môi trường vì chất thải này không phân hủy được. Do thành phần hóa của thủy tinh chủ yếu là SiO_2 vô định hình và nếu được nghiền mịn vật liệu này đóng vai trò hoạt tính pozzolanic, cải tiến đáng kể độ bền của sản phẩm khi đóng rắn. Do đó, nghiên cứu này hướng đến tận dụng thủy tinh phế thải thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông nhằm hạn chế ô nhiễm môi trường. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng để đảm bảo được yêu cầu về tính công tác và cường độ của bê tông theo yêu cầu thì hàm lượng thủy tinh thay xi măng tối đa là 25%.

Từ khóa - bê tông; thủy tinh phế thải; xi măng; môi trường; cường độ chịu nén.

1. Đặt vấn đề

Đô thị hóa ngày càng tăng và việc này gắn liền với việc xây dựng các cơ sở hạ tầng như nhà cửa, cầu cống, bến bãi. Trong đó, xi măng là một trong những vật liệu được sử dụng nhiều nhất. Theo ước tính của Bộ xây dựng thì nhu cầu tiêu thụ xi măng trong năm nay có thể đạt 101-103 triệu tấn, tăng 4-5% so với năm 2019 [1]. Tuy nhiên, quá trình sản xuất xi măng tiêu thụ một lượng lớn đất sét, đá vôi và nhiên liệu (chủ yếu là than đá). Điều này gây ra những hậu quả nghiêm trọng đến môi trường, như thiếu hụt đất nông nghiệp do khai thác đất sét; hiệu ứng nhà kính, biến đổi khí hậu, mưa axit do quá trình đốt cháy nhiên liệu thải ra bầu không khí nhiều chất thải độc hại, đặc biệt là CO_2 [2].

Bên cạnh vấn đề ô nhiễm môi trường do việc sản xuất xi măng gây ra thì hiện nay, Việt Nam và các nước trên thế giới đang đối mặt với vấn đề ô nhiễm môi trường do thủy tinh phế thải gây ra. Hiện nay, thủy tinh phế thải chủ yếu được chôn lấp dưới lòng đất. Điều này không những gây ô nhiễm môi trường mà còn sử dụng một diện tích lớn đất đai cho việc chôn lấp thủy tinh phế thải này. Do vậy, việc tận dụng hay tái sử dụng thủy tinh phế thải là một trong những biện pháp hiệu quả nhất nhằm hạn chế việc đưa rác thải này ra môi trường, cũng như những tác hại do chúng gây ra [3]. Hầu hết thành phần của thủy tinh phế thải đều chứa lượng lớn SiO_2 vô định hình (lớn hơn 71%). Do đó, nó có thể được sử dụng thay cho cốt liệu cát trong vữa, bê tông hay được sử dụng như là vật liệu hoạt tính pozzolanic khi được nghiền mịn [4]–[6]. Hoạt tính pozzolanic của bột thủy tinh với các kích thước hạt từ $41\mu\text{m}$ đến $2,5\text{mm}$ được đánh giá qua độ hút vôi ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) bởi R. Idir và cộng sự; Kết quả chỉ ra rằng, trong dãy kích thước hạt từ $41\mu\text{m}$ đến $2,5\text{mm}$, bột thủy tinh đều thể hiện hoạt tính pozzolanic, mức độ hoạt tính của bột thủy tinh càng mạnh khi kích thước hạt

Abstract - Along with the rapidly increasing urbanization, the construction demand is inseparable, and concrete cement is a necessary material. However, the manufacturing of cement is always associated with the problem of environmental pollution due to toxic gas emissions and exploitation of natural resources. Besides, glass waste also causes environmental alarm because this waste is not biodegradable. Since the chemical composition of glass is mainly amorphous SiO_2 and if it is grounded to fine particle size, this material plays a role of pozzolanic activity, greatly improving the durability of the concrete structure. Therefore, this study aims to reuse waste glass to replace a part of cement in manufacturing concrete and to contribute to reducing environmental pollution. The results of the study show that to ensure the standardly requires performance and strength of concrete with the maximum ratio of glass replacement to cement of 25%.

Key words - concrete; waste glass; cement; environment; compressive strength.

càng nhỏ và hình dạng cấu trúc C-S-H của vữa khi trộn với với bột thủy tinh cũng được quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) [7].

Thủy tinh phế thải thay thế cát trong vữa hay bê tông khi được nghiền và sàng qua sàng có kích thước nhỏ hơn 5 mm của nhiều tác giả cho thấy, cường độ nén của vữa hay bê tông giảm khi tăng hàm lượng thủy tinh phế thải, điều này là do bề mặt nhẵn của thủy tinh làm yếu liên kết giữa xi măng và cốt liệu, tuy nhiên khả năng chống ăn mòn tăng lên [8]–[12]. Đối với những ứng dụng với vai trò là vật liệu hoạt tính pozzolanic, L. S. Hooi và P. J. Min đã nghiên cứu thay thế một phần xi măng gốc bằng cả thủy tinh phế thải màu và không màu [6]; Kết quả cho thấy, có thể thay thế đến 10 % thủy tinh trong xi măng gốc mà vẫn đảm bảo được yêu cầu về kỹ thuật của bê tông nhẹ. Tại Việt Nam, thủy tinh y tế phế thải thay thế cốt liệu lớn (đá dăm) trong sản xuất bê tông đã được nghiên cứu bởi PGS. TS Trương Hoài Chính cùng cộng sự [13], [14]. Kết quả cho thấy, thủy tinh y tế phế thải có thể thay thế một phần hay hoàn toàn cốt liệu đá dăm mà vẫn đạt được cường độ nén của bê tông theo mác thiết kế. Thủy tinh y tế phế thải cũng được nghiên cứu thay thế cốt liệu mịn của nhóm tác giả Nguyễn Quang Hưng và cộng sự [15], [16], kết quả cho thấy, có thể thay thế 10% xi măng thông gốc (OPC) mà vẫn đảm bảo được cường độ của bê tông. Tuy nhiên, những nghiên cứu của các tác giả này chỉ dừng lại ở thủy tinh y tế và chưa sử dụng các loại thủy tinh phế thải khác cũng như không sử dụng phụ gia trong bài phối liệu.

Do đó, trong nghiên cứu này, để mở rộng khả năng tận dụng thủy tinh từ các nguồn khác nhau, không phải từ rác thải y tế, nhóm tác giả tận dụng thủy tinh phế thải từ nhà máy kính nổi Chu Lai để thay thế một phần xi măng ứng dụng trong sản xuất bê tông mác 350 kết hợp với việc sử

dụng phụ gia hóa dẻo nhằm mục đích thay thế nhiều xi măng bằng thủy tinh nhất có thể, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường do quá trình sản xuất xi măng và rác thủy tinh gây ra. Hơn nữa, các yêu cầu kỹ thuật về tính thi công và các đặc tính cơ lý của bê tông vẫn đạt được các yêu cầu theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành đối với hỗn hợp bê tông và bê tông.

2. Nguyên liệu và thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng xi măng Đồng Lâm PCB40, đá dăm Đà Sơn, cát Đại Lộc, thủy tinh phế thải từ nhà máy sản xuất kính nổi Chu Lai. Các tính chất cơ lý của nguyên vật liệu được kiểm tra theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trước khi đưa vào nghiên cứu.

2.1.1. Xi măng Đồng Lâm PCB40

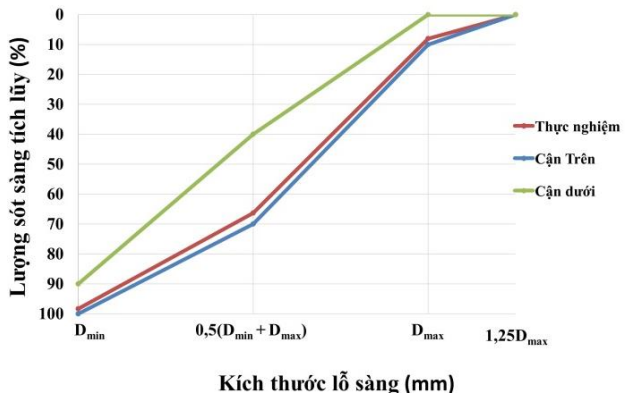
Các tính chất cơ lý của xi măng Đồng Lâm được kiểm tra đánh giá và trình bày ở Bảng 1. Kết quả ghi tại Bảng 1 cho thấy, xi măng Đồng Lâm PCB40 đạt được các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260 : 2009 [17] và phù hợp cho việc sử dụng trong sản xuất bê tông.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý xi măng Đồng Lâm PCB40

Chỉ tiêu	Phương pháp thử	TCVN 6260 : 2009	Kết quả
Thời gian bắt đầu đông kết (không nhỏ hơn) (phút)	TCVN 6017:2015	45	153
Thời gian kết thúc đông kết (không lớn hơn) (phút)		420	230
Cường độ nén 3 ngày tuổi (không nhỏ hơn) (MPa)	TCVN 6016:2011	18	33
Cường độ nén 28 ngày tuổi (không nhỏ hơn) (MPa)		40	50,7
Độ mịn: - Trên sàng 0,09 mm (không lớn hơn) (%)	TCVN 4030:2003	10	2,35
- Theo phương pháp Blaine (không nhỏ hơn) (cm ² /g)		2800	3400

2.1.2. Đá dăm Đà Sơn

Đá dăm Đà Sơn – Đà Nẵng được kiểm tra các tính chất cơ lý và thành phần kích cỡ hạt theo TCVN 7572:2006 [18] và được thể hiện qua các Hình 1 và Bảng 2.



Hình 1. Biểu đồ thành phần kích thước hạt đá dăm Đà Sơn

Dựa vào kết quả về thành phần kích thước hạt cho thấy, đá dăm Đà Sơn thỏa mãn với các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006 [19], được sử dụng làm cốt liệu lớn trong

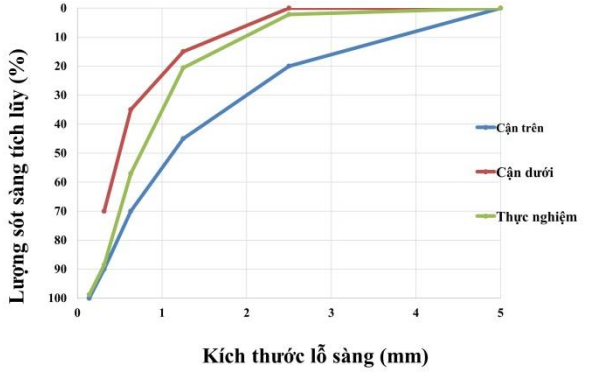
sản xuất bê tông.

Bảng 2. Các tính chất cơ lý của đá dăm Đà Sơn được đánh giá theo TCVN 7572 : 2006 [18]

Chỉ tiêu	Kết quả
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,71
Khối lượng thể tích xốp (g/cm ³)	1,39
Mác đá (Kg/cm ²)	1200
Độ ẩm (%)	0,5
Độ rỗng (%)	48,52

2.1.3. Cát Đại Lộc

Cát Đại Lộc được sử dụng làm cốt liệu nhỏ trong nghiên cứu này và được kiểm tra các tính chất cơ lý và thành phần kích cỡ hạt theo TCVN 7572:2006 [18], kết quả được trình bày trên Hình 2 và Bảng 3.



Hình 2. Biểu đồ thành phần kích thước hạt của cát Đại Lộc.

Bảng 3. Các tính chất cơ lý của cát Đại Lộc được đánh giá theo TCVN 7572 : 2006 [18]

Chỉ tiêu	Kết quả
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,65
Khối lượng thể tích (g/cm ³)	1,43
Modul độ lớn	2,67
Độ ẩm (%)	5,5
Độ rỗng (%)	46,23
Lượng ngậm sỏi trong cát (%)	1

Theo kết quả thể hiện ở Hình 2, thành phần kích thước hạt của cát Đại Lộc nằm trong miền giới hạn cho phép và phù hợp để sản xuất bê tông theo TCVN 7570 : 2006 [19] với modul độ lớn của cát Đại Lộc là: M_{dl} = 2,67 nằm trong khoảng cho phép từ 2,0 đến 3,3.

2.1.4. Thủy tinh phế thải



Hình 3. Bột thủy tinh sau khi nghiền và sàng qua sàng No 009

Để ổn định thành phần hóa và các tính chất cơ lý như khối lượng riêng, thủy tinh thể thải được chọn và lấy từ bãi phế thải của nhà máy sản xuất kính nổi Chu Lai, sau đó được nghiền mịn trong máy nghiền bi đến kích thước bằng kích thước xi măng, qua sàng No 009 (kích thước lỗ sàng 90μm). Hình ảnh bột thủy tinh sau khi nghiền mịn qua sàng No 009 được thể hiện ở Hình 3.

Bảng 4. Thành phần hóa của kính nổi Chu Lai [20]

Oxit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
Hàm lượng (%)	71,5-72,5	1,0-1,8	8,0-9,0	3,5-4,0	13,5-14,0	0,1-0,15

Ngoài yêu cầu về độ mịn của bột thủy tinh, thành phần hóa cũng đóng vai trò quan trọng trong việc sử dụng làm vật liệu hoạt tính Pozzolanic. Dựa vào kết quả thành phần hóa của bột thủy tinh phế thải (Bảng 4) ta thấy, tổng hàm lượng các oxit (SiO₂+CaO+Al₂O₃) lớn hơn 70%, phù hợp với thành phần hóa của phụ gia khoáng hoạt tính dùng cho bê tông theo tiêu chuẩn ngành 14 TCN 195-1999 [21].

2.1.5. Nước

Nước dùng để chế tạo bê tông có hàm lượng tạp chất không được vượt quá giới hạn cho phép làm ảnh hưởng tới quá trình đông kết và độ bền lâu của bê tông và phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 4506:2012 [22].

2.2. Thử nghiệm

Bảng 5. Cấp phối cho 1m³ bê tông không sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301

Kí hiệu	Hàm lượng % thủy tinh thay thế xi măng	Bột thủy tinh (Kg)	Xi măng (Kg)	Đá (Kg)	Cát (Kg)	Nước (Lít)
M0	0	0	398,37	1114,56	669,12	187,24
M1	5	19,92	378,45	1114,61	664,85	187,47
M2	10	39,84	358,53	1114,65	660,57	187,71
M3	15	59,76	338,62	1114,69	656,30	187,95
M4	20	79,67	318,70	1114,73	652,03	188,19

Bảng 6. Cấp phối cho 1m³ bê tông có sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301

Ký hiệu	Hàm lượng % thủy tinh thay thế xi măng	Bột thủy tinh (Kg)	Xi măng (Kg)	Đá (Kg)	Cát (Kg)	Phụ gia Lotus R-301 (Lít)	Nước (Lít)
M0'	0	0	398,37	1114,56	669,12	3,19	137,24
M1'	5	19,92	378,45	1114,61	664,85	3,19	137,42
M2'	10	39,84	358,53	1114,65	660,57	3,19	137,60
M3'	15	59,76	338,62	1114,69	656,30	3,19	137,77
M4'	20	79,67	318,70	1114,73	652,03	3,19	137,95
M5'	25	99,59	298,78	1114,77	647,75	3,19	138,13

Thành phần cấp phối của bê tông đối chứng (không có bột thủy tinh) được tính toán dựa theo chỉ dẫn 778/1998/QĐ-BXD [23]. Trên cơ sở bảng cấp phối này, hàm lượng xi măng lần lượt được thay thế bằng bột thủy tinh phế thải với hàm lượng từ 5% đến 25% về khối lượng. Trước khi đúc mẫu, các hỗn hợp bê tông này được đo độ sụt theo TCVN 3106:1993 [24] nhằm đánh giá khả năng thi công của hỗn hợp bê tông. Sau đó, bê tông được đúc trong khuôn chuẩn 15x15x15 cm³, đem đi dưỡng hộ và đo cường độ nén sau 3(R3), 7(R7), 14(R14) và

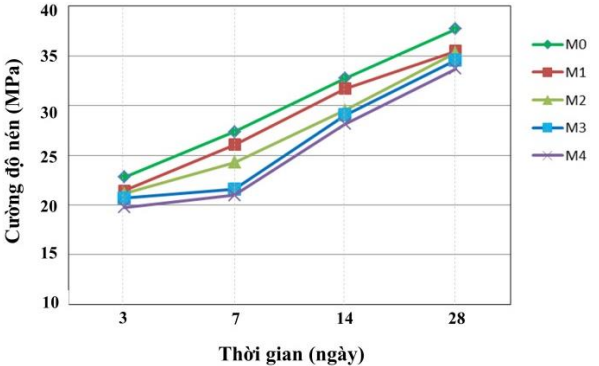
28(R28) ngày theo TCVN 3118 : 1993 [25]. Hiện nay, hầu hết các trạm trộn bê tông đều sử dụng phụ gia hóa dẻo nhằm giảm lượng nước, tăng tính công tác và cải thiện cường độ cử bê tông, vì vậy nhóm tác giả cũng nghiên cứu sự ảnh hưởng của phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông khi thay thế xi măng bằng bột thủy tinh phế thải như đối với bê tông không có phụ gia hóa dẻo. Bảng cấp phối cho 1m³ bê tông của các mẫu không có phụ gia và có phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 được trình bày ở Bảng 5 và 6.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tính chất cơ lý của hỗn hợp bê tông và bê tông không sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301

Bảng 7. Độ sụt của hỗn hợp bê tông và cường độ nén của mẫu bê tông với các hàm lượng bột thủy tinh thay thế xi măng khác nhau từ 5-20%

Kí hiệu	Hàm lượng % thủy tinh thay thế xi măng	Độ sụt, SN (cm)	Cường độ nén (MPa)			
			R3	R7	R14	R28
M0	0%	12,5	22,78	27,35	32,73	37,70
M1	5%	12,5	21,42	26,04	31,71	35,48
M2	10%	13,0	21,11	24,26	29,50	35,31
M3	15%	13,3	20,67	21,56	29,01	34,55
M4	20%	14,7	19,74	20,96	28,12	33,71



Hình 4. Cường độ nén của mẫu bê tông với hàm lượng thủy tinh thay thế xi măng khác nhau và không có phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 sau 3, 7, 14 và 28 ngày dưỡng hộ

Kết quả đo độ sụt của hỗn hợp bê tông (Bảng 7) cho thấy, độ sụt tăng dần khi hàm lượng bột thủy tinh tăng dần. Cụ thể, từ 12,5 cm đối với mẫu không có bột thủy tinh lên đến 14,7 cm đối với mẫu có hàm lượng bột thủy tinh thay thế 20% xi măng. Điều này chứng tỏ bột thủy tinh làm tăng độ linh động của hỗn hợp bê tông. Theo kết quả này để đảm bảo tính thi công của hỗn hợp bê tông (độ sụt theo yêu cầu là 12±2 cm) thì hàm lượng bột thủy tinh thay thế xi măng tối đa là 15%.

Kết quả đo cường độ nén của mẫu bê tông sau 3, 7, 14 và 28 ngày dưỡng hộ được thể hiện ở Hình 4 và Bảng 7. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ bê tông giảm từ 37,7 MPa đối với mẫu đối chứng M0 (0% bột thủy tinh) xuống 35,48 MPa đối với mẫu M1 (5% bột thủy tinh) và giảm xuống dưới mức theo thiết kế (35 MPa) khi hàm lượng thủy tinh thay thế xi măng lên đến 20%. Tuy mẫu

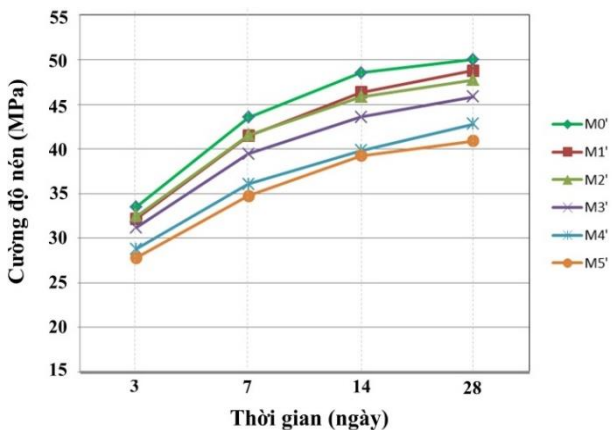
M3 (15% bột thủy tinh) thỏa mãn yêu cầu về độ sụt cho thi công nhưng cường độ nén (34,55 MPa) nhỏ hơn so với yêu cầu về thiết kế là 35 MPa. Qua kết quả đánh giá về độ sụt và cường độ chịu nén của bê tông theo mức thiết kế (35 MPa) thì hàm lượng bột thủy tinh thay thế lớn nhất là 10%. Do đó, để tăng cường độ chịu nén của bê tông mà vẫn đảm bảo được tính thi công, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu khi thêm phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 với hàm lượng 0,8 lít/100 Kg xi măng.

3.2. Tính chất cơ lý của hỗn hợp bê tông và bê tông có sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301

Để đánh giá sự ảnh hưởng của bột thủy tinh đến cường độ nén của bê tông khi thay thế xi măng bằng bột thủy tinh, nhóm tác giả điều chỉnh lượng nước sau khi thêm phụ gia hóa dẻo sao cho độ sụt theo yêu cầu thiết kế là 12 cm. Do vậy, trong phần này nhóm tác giả tiến hành thay thế bột thủy tinh lên đến 25% nhiều hơn so với mẫu không có phụ gia hóa dẻo. Hàm lượng thủy tinh có thể thay thế xi măng cao hơn nữa, tuy nhiên theo khảo sát thực tế và từ nghiên cứu tài liệu thì hàm lượng thủy tinh không được vượt quá giới hạn này [26]. Kết quả đo cường độ nén của các mẫu bê tông được cho ở Bảng 8 và Hình 5.

Bảng 8. Độ sụt của hỗn hợp bê tông và cường độ nén của mẫu bê tông với các hàm lượng bột thủy tinh thay thế xi măng khác nhau từ 5-20% có sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301

Kí hiệu	Hàm lượng % thủy tinh thay thế xi măng	Độ sụt, SN (cm)	Cường độ nén (MPa)			
			R3	R7	R14	R28
M0'	0%	12	33,52	43,53	48,53	50,03
M1'	5%	12	32,20	41,47	46,35	48,79
M2'	10%	12	32,48	41,56	45,86	47,77
M3'	15%	12	31,19	39,44	43,57	45,86
M4'	20%	12	28,79	36,07	39,81	42,80
M5'	25%	12	27,81	34,76	39,26	40,90



Hình 5. Cường độ nén của mẫu bê tông với hàm lượng thủy tinh thay thế xi măng khác nhau và có phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 sau 3, 7, 14 và 28 ngày dưỡng hồ

So với mẫu bê tông không có phụ gia hóa dẻo, mẫu bê tông có sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 có cường độ nén cao hơn rất nhiều và tất cả các mẫu đều đạt mức theo yêu cầu thiết kế sau 28 ngày dưỡng hồ (lớn hơn 35 MPa). Tương tự như mẫu không có phụ gia, các mẫu bê tông có

phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 thì cường độ chịu nén của bê tông giảm dần khi hàm lượng thủy tinh thay thế tăng dần từ 0% (R28 (M0') = 50,03 MPa) đến 25% (R28 (M4') = 40,90 MPa. Khi dùng phụ gia hóa dẻo thì cường độ bê tông phát triển mạnh trong 7 ngày đầu và chậm dần sau đó, cường độ sau 28 ngày cũng tăng mạnh so với khi bê tông không sử dụng phụ gia hóa dẻo. Hơn nữa, tốc độ phát triển cường độ của các mẫu có bột thủy tinh tăng đều, giống như mẫu không có bột thủy tinh. Điều này được mô tả bằng các đường thẳng song song và được thể hiện trên Hình 5. Kết quả này chỉ ra rằng, sự có mặt của phụ gia siêu hóa dẻo không những làm tăng cường độ chịu nén của bê tông mà còn tăng hàm lượng bột thủy tinh thay thế xi măng khi sản xuất bê tông.

4. Kết luận

Qua các kết quả phân tích, ta rút ra được kết luận sau: Bột thủy tinh phế thải có thể được sử dụng để thay thế xi măng trong công nghệ sản xuất bê tông mà vẫn đảm bảo được yêu cầu về kỹ thuật. Đối với mức bê tông thiết kế trong nghiên cứu này là 35 MPa thì hàm lượng thủy tinh thay thế tối đa là 10% khi không sử dụng phụ gia hóa dẻo và có thể lên đến 25% đối với bê tông có sử dụng phụ gia hóa dẻo Lotus-R301 với hàm lượng 0,8 lít trên 100 Kg xi măng. Kết quả này sẽ là định hướng tốt cho việc tiếp tục nghiên cứu tận dụng các loại thủy tinh phế thải khác như chai lọ thủy tinh dùng trong sinh hoạt hay công nghiệp thay thế một phần xi măng trong công nghệ sản xuất bê tông với các cường độ khác nhau hay những vật liệu liên quan đến xi măng. Nghiên cứu này sẽ góp phần vào việc bảo vệ và giảm thiểu ô nhiễm môi trường do rác thải thủy tinh và ngành công nghiệp sản xuất xi măng gây ra.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số T2020-02-27.

Tác giả xin cảm ơn Đoàn Văn Đạt và Trần Văn Mạnh lớp 15H14; Nguyễn Thị Thúy Phượng và Nguyễn Văn Khánh Hòa lớp 16H14 và phòng thí nghiệm bê tông của trạm bê tông Phước Yên đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] "http://vicem.vn/thi-truong-noi-dia-van-la-dich-den-cua-nganh-xi-mang-1228.html".
- [2] H. Ritchie and M. Roser, "CO₂ and Greenhouse Gas Emissions", *Our World in Data*, May 2017, Accessed: Jan. 15, 2020. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>.
- [3] J. Hopewell, R. Dvorak, and E. Kosior, "Plastics recycling: challenges and opportunities", *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, vol. 364, no. 1526, pp. 2115–2126, Jul. 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0311.
- [4] H. Du and K. H. Tan, "Waste Glass Powder as Cement Replacement in Concrete", *Journal of Advanced Concrete Technology*, vol. 12, no. 11, pp. 468–477, 2014, doi: 10.3151/jact.12.468.
- [5] L. M. Federico and S. E. Chidiac, "Waste glass as a supplementary cementitious material in concrete – Critical review of treatment methods", *Cement and Concrete Composites*, vol. 31, no. 8, pp. 606–610, Sep. 2009, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.02.001.
- [6] L. S. Hooi and P. J. Min, "Potential of Substituting Waste Glass in Aerated Light Weight Concrete", *Procedia Engineering*, vol. 171, pp. 633–639, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.398.
- [7] R. Idir, M. Cyr, and A. Tagnit-Hamou, "Pozzolanic properties of fine and coarse color-mixed glass cullet", *Cement and Concrete*

- Composites*, vol. 33, no. 1, pp. 19–29, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2010.09.013.
- [8] V. Letelier, B. I. Henríquez-Jara, M. Manosalva, C. Parodi, and J. M. Ortega, “Use of Waste Glass as A Replacement for Raw Materials in Mortars with a Lower Environmental Impact”, *Energies*, vol. 12, no. 10, Art. no. 10, Jan. 2019, doi: 10.3390/en12101974.
- [9] H.-Y. Wang, “A study of the effects of LCD glass sand on the properties of concrete”, *Waste Management*, vol. 29, no. 1, pp. 335–341, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.wasman.2008.03.005.
- [10] K. . H. Tan and H. J. Du, “Use of waste glass as sand in mortar: Part I – Fresh, mechanical and durability properties”, *Cement and Concrete Composites*, vol. 35, no. 1, pp. 109–117, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2012.08.028.
- [11] Y. Jani and W. Hogland, “Waste glass in the production of cement and concrete – A review”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 1767–1775, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.jece.2014.03.016.
- [12] İ. B. Topçu and M. Canbaz, “Properties of concrete containing waste glass”, *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 2, pp. 267–274, Feb. 2004, doi: 10.1016/j.cemconres.2003.07.003.
- [13] Trương H. Ch. and Huỳnh T. M. D., “Nghiên cứu thành phần cấp phối cốt liệu thủy tinh y tế để sản xuất bê tông”, *Tạp chí KH&CN, Đại học Đà Nẵng*, no. 05, pp. 1–8, 2018.
- [14] L. V. Cảnh, “Nghiên cứu sử dụng thủy tinh y tế để sản xuất bê tông”, Luận văn Thạc Sĩ, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, 2017.
- [15] Tran Quang Hung, Nguyen Quang Hoa, “Use of Medical Waste Glass Powder as Partial Replacement of Cement – Influence of Water and Cement Ratio on Concrete Compressive Strength”, *IJETAE*, vol. 8, no. 7, pp. 252–258, 2018.
- [16] Nguyễn Quang Hòa, Trần Quang Hưng, Trần Minh Quân, “Thuộc Tính của bê tông sử dụng bột thủy tinh thải y tế như cốt liệu mịn – một số kết quả ban đầu.” *Tạp chí KH&CN, Đại học Đà Nẵng*, no. 11, pp.40-43, 2017.
- [17] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 6260:2009 Xi măng poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [18] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 7572:2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử*.
- [19] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 7570 : 2006 - Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*.
- [20] Nhà máy kính nổi Chu Lai cung cấp. <http://cfg.com.vn/lang-vi/trang-chu.html>
- [21] Tiêu chuẩn Việt Nam, *Tiêu chuẩn ngành 14 TCN 105-1999- Phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn cho bê tông và vữa – phân loại và yêu cầu kỹ thuật*.
- [22] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 4506:2012 - Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [23] Bộ Xây Dựng, “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo Quyết định số 778/1998/QĐ - BXD ngày 05/9/1998.
- [24] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 3106:1993 – Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*.
- [25] Tiêu chuẩn Việt Nam, *TCVN 3118:1993 – Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén*.
- [26] G. M. S. Islam, M. H. Rahman, and N. Kazi, “Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice”, *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 6, no. 1, pp. 37–44, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.ijbsbe.2016.10.005.

(BBT nhận bài: 16/6/2020, hoàn tất thủ tục phân biên: 23/11/2020)