

NGHIÊN CỨU TÁI SỬ DỤNG THỦY TINH PHÉ THẢI THAY THẾ CÁT TỰ NHIÊN TRONG SẢN XUẤT BÊ TÔNG MÁC M300

THE REUSE OF WASTE GLASS TO REPLACE NATURAL SAND IN PRODUCTION OF CONCRETE GRADE M300

Hồ Việt Thắng*

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: hvthang@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 05/5/2023; Sửa bài / Revised: 19/6/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 04/7/2023)

Tóm tắt - Trong các công trình xây dựng, bê tông là một vật liệu xây dựng đóng vai trò quan trọng. Trong đó, cát tự nhiên là thành phần cốt liệu không thể thiếu. Tuy nhiên, hiện nay cát tự nhiên ngày càng khan hiếm và việc khai thác cát tự nhiên gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường. Bên cạnh đó, rác thải thủy tinh cũng đang gây ô nhiễm môi trường vì đây là loại rác thải không thể phân hủy được. Hơn nữa thủy tinh được chế tạo từ phần lớn là cát tự nhiên. Do đó, việc tái sử dụng thủy tinh phế thải thay thế cát tự nhiên sản xuất bê tông sẽ góp phần giảm tác động môi trường từ rác thải thủy tinh và việc khai thác cát tự nhiên. Trong nghiên cứu này, thủy tinh phế thải được tận dụng để thay thế cát tự nhiên sản xuất bê tông mác M300 thông qua đánh giá tính công tác, cường độ nén và độ hút nước bê tông theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành nhằm tìm ra được tỷ lệ cấp phối tối ưu cho sản phẩm bê tông M300.

Từ khóa - Bê tông; cát tự nhiên; thủy tinh phế thải; môi trường; M300.

1. Đặt vấn đề

Với sự phát triển nhanh chóng của xã hội, sự tăng trưởng về dân số đòi hỏi phải đi liền với việc xây dựng và mở rộng các cơ sở vật chất, kỹ thuật và hạ tầng. Trong đó, vật liệu xây dựng không thể thiếu cho các công trình này. Bê tông là một trong số vật liệu được sử dụng phổ biến nhất hiện nay do chúng khá bền và ổn định lâu dài theo thời gian. Trong số cốt liệu tạo nên bê tông thì cát là một trong những thành phần chủ yếu và quan trọng. Tuy nhiên, việc khai thác cát hiện nay gây ra nhiều vấn đề nghiêm trọng đến môi trường như sạt lở, thay đổi dòng chảy,... Việc khai thác cát tự nhiên hiện nay bị hạn chế và có thể bị cấm khai thác trong tương lai. Do đó, việc tìm nguồn nguyên liệu thay thế cát là một trong những vấn đề cấp bách hiện nay nhằm đáp ứng nhu cầu vật liệu xây dựng ngày càng tăng cao.

Bên cạnh đó, rác thủy tinh cũng là một trong số nguồn rác thải đáng báo động, gây ô nhiễm môi trường lớn trong những năm gần đây. Theo ước tính, mỗi ngày ở Việt Nam thải ra hàng trăm tấn rác thải thủy tinh và lượng rác thải này ngày càng tăng cao. Phương pháp xử lý rác thải thủy tinh hiện nay vẫn là chôn lấp tại các bãi rác hoặc đốt [1]. Điều này gây ô nhiễm môi trường đất, môi trường nước và môi trường khí cũng như lãng phí tài nguyên thiên nhiên. Đối với các thủy tinh thông thường thì cát là thành phần chính, chiếm khoảng 70% [2], do đó, việc tái sử dụng thủy tinh phế thải không những giảm ô nhiễm môi trường mà còn giảm lượng sử dụng cát tự nhiên, giảm ô nhiễm môi trường trong quá trình khai thác, sản xuất và sử dụng thủy

Abstract - In building construction, concrete is an important building material. In which, natural sand is an indispensable aggregate ingredient. However, natural sand is sharply reducing and the exploitation of natural sand causes serious impacts on the environment. Besides, glass waste is also polluting the environment because it is a non-biodegradable waste. Furthermore, glass is made from mostly natural sand. Therefore, the reuse of waste glass to replace natural sand for concrete production will contribute to reduce the environmental impact from glass waste and the exploitation of natural sand. In this study, waste glass was used to replace natural sand for concrete production of grade M300 through the assessment of workability, compressive strength, and water absorption of concrete according to current Vietnam standards to find the optimal mixing ratio for concrete products of grade M300.

Key words - Concrete; natural sand; waste glass; environment; M300.

tinh. Hiện nay, việc tái sử dụng thủy tinh chủ yếu là nghiền lại các mảnh kính vỡ hay gọi là cullet để sản xuất lại thủy tinh mới, tuy nhiên quá trình này cũng chỉ áp dụng với số lượng còn hạn chế. Trong những năm gần đây, việc tái sử dụng thủy tinh phế thải ứng dụng trong vật liệu xây dựng đang ngày càng nhận được sự quan tâm lớn của cộng đồng khoa học và nhà sản xuất vật liệu xây dựng và cho thấy có nhiều triển vọng. Chẳng hạn như tái sử dụng thủy tinh phế thải thay thế mặt đá sản xuất gạch xây dựng [3], [4]; thủy tinh phế thải nghiền mịn thay thế xi măng [5], [6]; thủy tinh phế thải thay thế cốt liệu nhỏ trong vữa [7]; thủy tinh phế thải thay cốt liệu lớn sản xuất bê tông [8], [9]. Những nghiên cứu này cho thấy, sự thay thế một phần thủy tinh phế thải thay thế cốt liệu hay xi măng trong vữa và bê tông vẫn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật.

Nhằm góp phần tái sử dụng thủy tinh phế thải và thay thế một phần cát thiên nhiên, trong nghiên cứu này nhóm tác giả tái sử dụng thủy tinh phế thải thay thế cát để sản xuất bê tông mác M300 với mục đích góp phần giảm ô nhiễm môi trường từ rác thải thủy tinh và khai thác cát tự nhiên trong sản xuất thủy tinh cũng như sản xuất bê tông.

2. Nguyên vật liệu và thí nghiệm

2.1. Nguyên vật liệu

2.1.1. Xi măng

Trong nghiên cứu này nhóm tác giả sử dụng xi măng Kim Đình PCB40 với các chỉ tiêu cơ lý được đánh giá theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và kết quả được thể hiện ở Bảng 1.

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Việt Nam (Ho Viet Thang)

Theo Bảng 1 cho thấy, các chỉ tiêu cơ lý của xi măng Kim Đình PCB40 hoàn toàn phù hợp với yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2009 – PCB40.

Bảng 1. Kết quả các tính chất cơ lý của xi măng

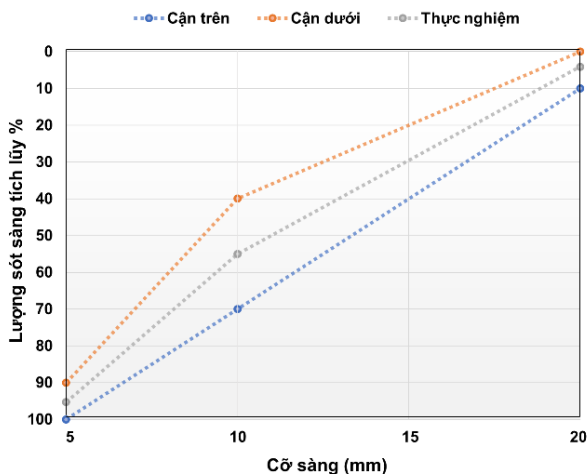
Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Yêu cầu	Kết quả TN
Khối lượng riêng (g/cm^3)	TCVN 4060:2003		3,1
Cường độ chịu nén mẫu 28 ngày tuổi (MPa)	TCVN 6016:2011	$\geq 40,0$	50,6
Thời gian đông kết			
Bắt đầu (Phút)	TCVN 6017:2015	≥ 45	130
Kết thúc (Phút)		≥ 420	170
Độ ổn định thể tích (mm)	TCVN 6017:2015	≤ 10	1,0
Hàm lượng SO_3 %	TCVN 141:2008	$\leq 3,5$	2,63

2.1.2. Đá dăm Đà Sơn

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng cốt liệu lớn là đá dăm Đà Sơn. Trước khi sử dụng cho cấp phối bê tông, kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm Đà Sơn và kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm chỉ tiêu chất lượng của đá dăm Đà Sơn theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572:2006

STT	Các chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,71
2	Khối lượng thể tích	g/cm^3	1,39
3	Độ rỗng	%	48,52
4	Độ ẩm	%	0,5
5	Mác của đá	Kg/cm^2	1200



Hình 1. Thành phần cỡ hạt của đá dăm Đà Sơn

Qua phân tích thành phần cỡ hạt của đá dăm Đà Sơn, được thể hiện ở Hình 1, cho thấy thành phần cỡ hạt đá dăm Đà Sơn có thành phần cỡ hạt nằm trong vùng phạm vi cho phép của đá dăm dùng cho cấp phối bê tông theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1771-1987 với $D_{\max} = 20$ mm.

2.1.3. Cát Đại Lộc

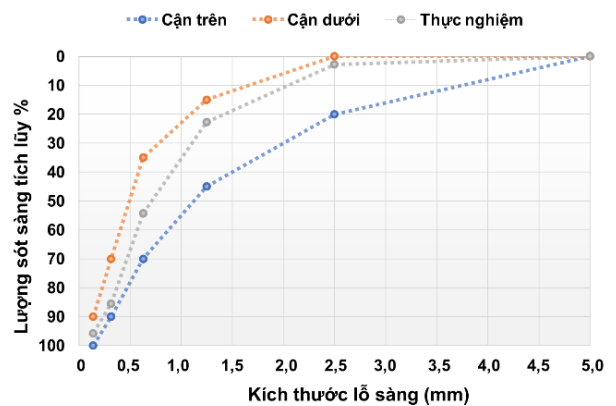
Cốt liệu nhỏ được nhóm tác giả sử dụng trong nghiên cứu này là cát Đại Lộc với các chỉ tiêu cơ lý được kiểm tra, đánh giá được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 2. Cát Đại Lộc

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu chất lượng của cát Đại Lộc

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,65
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm^3	1,41
3	Độ ẩm	%	4,70
4	Modul độ lớn		2,61
5	Độ rỗng	%	46,79
6	Lượng ngậm sỏi trong cát	%	0,55



Hình 3. Thành phần cỡ hạt của cát Đại Lộc

Dựa vào đồ thị Hình 4 ta thấy, thành phần hạt cát Đại Lộc thí nghiệm nằm trong miền giới hạn thành phần hạt tiêu chuẩn của cát theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572 – 2: 2006. Với modul độ lớn cát Đại Lộc là: $M_{dl} = 2,61$.

2.1.4. Thủy tinh phế thải

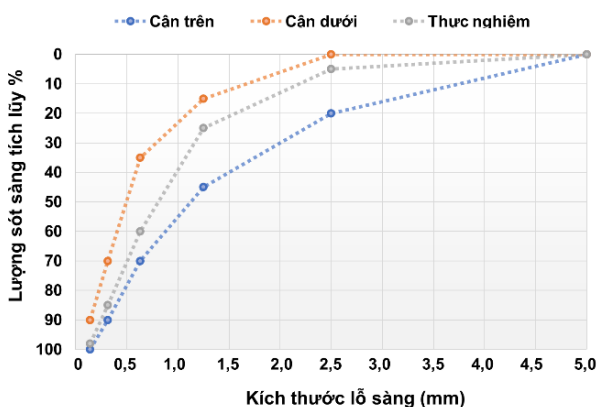


Hình 4. Thủy tinh phế thải sau khi nghiền

Để tận dụng thủy tinh phế thải cho việc thay thế cát, nhóm tác giả tận dụng các mảnh thủy tinh phế thải từ các xưởng gia công kính, sau đó về nghiền (Hình 4) và phân loại cỡ hạt với kích thước hạt nằm trong giới hạn cho phép như cát dùng trong sản xuất bê tông. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của hạt thủy tinh phế thải được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu chất lượng của hạt thủy tinh

STT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	TCVN 7572-4:2006	2,47
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	TCVN 7572-6:2006	1,29
3	Độ ẩm	%	TCVN 7572-7:2006	0,17
4	Modul độ lớn			2,73
5	Độ rỗng	%	TCVN 7572-6:2006	4,88



Hình 5. Thành phần cỡ hạt của thủy tinh phế thải sau khi gia công

Dựa vào đồ thị Hình 5 ta thấy, thành phần hạt thủy tinh phế thải thí nghiệm nằm trong miền giới hạn thành phần hạt tiêu chuẩn của cát theo TCVN 7572 - 2: 2006. Với modul độ lớn hạt thủy tinh là: $M_{dl} = 2,73$.

2.2. Thí nghiệm

2.2.1. Cấp phối bê tông

Thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông tính cho 1m³ được thiết kế theo mác M300, độ sụt 12 cm có sử dụng phụ gia siêu hóa dẻo LOTUS R301. Sau đó, thay thế cát bằng thủy tinh phế thải với tỷ lệ 10%, 20% và 30% theo khối lượng và được thể hiện ở Bảng 5 (TT: thủy tinh; X: xi măng; Đ: đá; C: cát; N: nước; PG: phụ gia).

Bảng 5. Cấp phối tính cho 1m³ bê tông

% TT	X (kg)	Đ (kg)	C (kg)	TT (kg)	N (lít)	PG (lít)
0	331,17	1151,30	785,07	0,00	155,16	2,65
10	331,17	1151,30	706,57	78,51	155,16	2,65
20	331,17	1151,30	628,06	157,01	155,16	2,65
30	331,17	1151,30	549,55	235,52	155,16	2,65

2.2.2. Đo độ sụt

Độ sụt của hỗn hợp bê tông là một tiêu chí đánh giá độ linh động của hỗn hợp bê tông và được thực hiện trên hình côn hình nón cụt có chiều cao h = 30 cm, đường kính đáy

dưới D = 20 cm, đường kính đáy trên d = 10 cm theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3106:2022 như được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Đo độ sụt của hỗn hợp bê tông

2.2.3. Đúc mẫu và bảo dưỡng mẫu

Sau khi hỗn hợp được đo độ sụt đạt yêu cầu tiến hành đúc mẫu trong khuôn chuẩn 15×15×15 cm và bảo dưỡng trong môi trường ẩm từ 16 – 24 giờ, sau đó tháo khuôn và dưỡng hộ trong môi trường nước.

2.2.4. Nén mẫu

Các mẫu dưỡng hộ sau 3 ngày, 7 ngày, và 28 ngày tiến hành nén mẫu trên máy nén 3000 kN (Hình 7) theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:1993. Mỗi nhóm mẫu là 3 viên để lấy giá trị trung bình của quá trình nén mỗi nhóm mẫu. Trước khi nén mẫu cần đo chính xác đến 1 mm các cặp cạnh song song của 2 mặt chịu nén. Cường độ chịu nén (R tính bằng daN/cm² (Kg/cm²)) của mẫu bê tông 15×15×15 cm được xác định theo công thức sau:

$$R = \frac{P}{F}$$

Trong đó: P là tải trọng phá hoại mẫu (daN); F là diện tích chịu nén của viên mẫu (cm²).



Hình 7. Máy đo cường độ nén của mẫu bê tông 3000 kN

2.2.5. Độ hút nước

Độ hút nước của bê tông được xác định theo các bước dựa trên tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3113:1993. Cụ thể như sau: Lấy 3 viên mẫu bê tông đã được chuẩn bị theo tiêu chuẩn TCVN 3105:1993. Đặt 3 viên mẫu này vào thùng ngâm sao cho nước ngập một phần ba chiều cao mẫu và giữ mẫu như vậy trong một giờ. Tiếp theo cho thêm nước đến ngập hai phần ba chiều cao mẫu và ngâm như vậy thêm một giờ nữa. Sau cùng đổ nước tiếp cho ngập hoàn toàn mặt trên của mẫu và cao cách mặt trên mẫu khoảng 5 cm và giữ nước ở độ cao này cho đến khi mẫu bão hòa nước. Để xác định mẫu đã bão hòa nước chưa thì cứ sau mỗi 24 giờ ngâm nước, mẫu được vớt ra một lần rồi dùng khăn ẩm lau ráo mặt ngoài rồi cân chính xác tới 0,5%. Mẫu được xem là đạt được bão hòa nước khi kết quả cân 2 lần liên tiếp nhau không lệch nhau quá 0,2%. Khi các viên mẫu được bão hòa nước được sấy trong tủ sấy ở nhiệt độ 105 – 110°C đến khối lượng không đổi, tức là khối lượng mà hai lần cân liên tiếp nhau không lệch quá 0,2%.

Độ hút nước H (%) được xác định theo công thức sau:

$$H = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

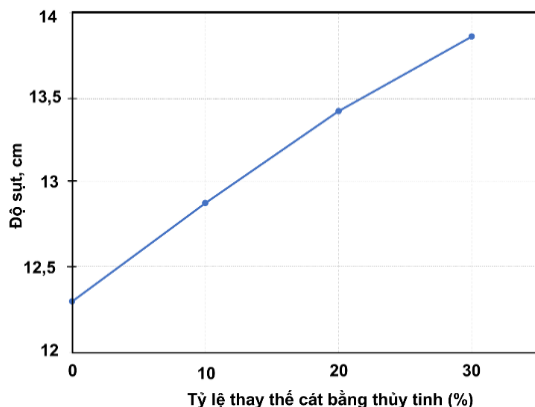
Trong đó: m_1 , m_0 lần lượt là khối lượng tính bằng gam của mẫu ở trạng thái bão hòa nước và ở trạng thái khô có khối lượng không đổi.

Độ hút nước là kết quả trung bình của 3 viên mẫu với độ chính xác của phép đo là 0,1 %.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Độ sụt

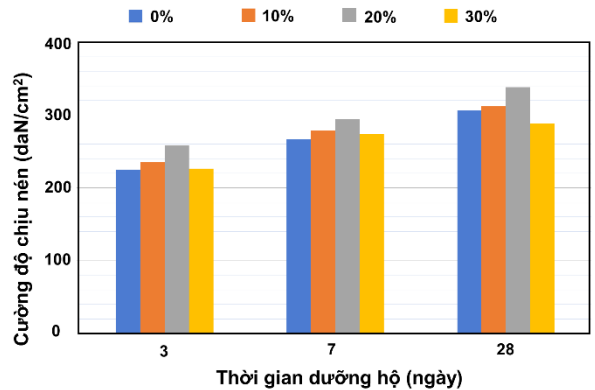
Kết quả đo độ sụt của các hỗn hợp bê tông được thể hiện ở Hình 8. Kết quả đo được cho thấy, độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng dần khi hàm lượng thủy tinh phế thải thay thế cát tăng dần từ 0% đến 30%. Cụ thể, độ sụt tăng từ 12,30 % (mẫu 0%) đến 13,86 % (mẫu 30%). Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây [10]. Điều này chứng tỏ, thủy tinh phế thải làm cho độ linh động của hỗn hợp bê tông tăng lên nhờ vào cấu trúc hình cầu của thủy tinh so với cấu trúc gồ ghề của cát. Trong các tỷ lệ khảo sát thì độ sụt của hỗn hợp bê tông vẫn đảm bảo nằm trong khoảng cho phép là từ 12 - 18 %. Do đó, với các tỷ lệ này, tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng lên nhưng vẫn đảm bảo được yêu cầu cho phép theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.



Hình 8. Độ sụt của hỗn hợp bê tông

3.2. Cường độ nén

Sau khi các hỗn hợp bê tông được đánh giá độ sụt thì được đúc khuôn trong khuôn chuẩn 15 cm × 15 cm × 15 cm và dưỡng hộ 3, 7 và 28 ngày thì được đem đi đo cường độ nén. Kết quả cường độ nén bê tông được trình bày ở Hình 9.



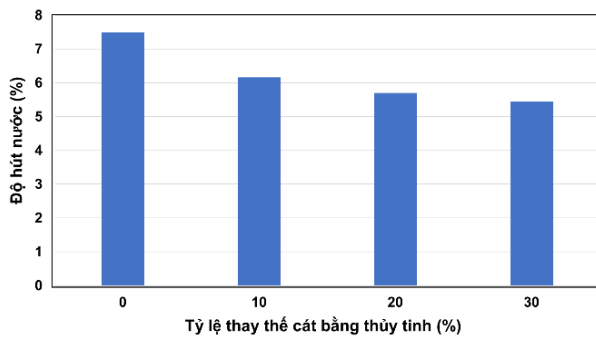
Hình 9. Sự phát triển cường độ nén của các loại mẫu bê tông theo thời gian

Kết quả đo cường độ nén của các mẫu ở các ngày dưỡng hộ khác nhau cho thấy các giá trị cường độ nén của mẫu bê tông tăng dần trong tất cả các ngày dưỡng hộ ở mẫu 0% đến mẫu 20% thủy tinh thay thế cát sau đó cường độ chịu nén giảm khi hàm lượng thủy tinh tăng đến 30%. Ở 3 ngày tuổi cường độ nén của mẫu không có thủy tinh (0%) là 225 daN/cm² và cường độ này tăng lên 235 daN/cm² (mẫu 10%) và 258 daN/cm² (mẫu 20%) và đạt cường độ nén tương đương mẫu không có thủy tinh là 226 daN/cm² (mẫu 30%). Ở 7 ngày tuổi, cường độ nén của các mẫu không có và có 10%, 20% và 30% thủy tinh có cường độ chịu nén lần lượt là 267, 278, 294 và 274 daN/cm². Ở 28 ngày tuổi, cường độ chịu nén của các mẫu 0%, 10%, 20% và 30% thủy tinh thay thế cát có cường độ chịu nén lần lượt là 306, 312, 338 và 288 daN/cm². So với cường độ nén của các mẫu bê tông ở 3 và 7 ngày tuổi với cường độ nén của bê tông có 30% thủy tinh thay thế cát có cường độ nén tương đương mẫu không có chứa thủy tinh thì ở 28 ngày tuổi mẫu chứa 30% thủy tinh có cường độ nén thấp hơn mẫu không chứa thủy tinh và thấp hơn so với mức thiết kế. Kết quả này cho thấy hàm lượng thủy tinh thay thế cát tối ưu cho bê tông mác M300 là 20%. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu trước đây khi tận dụng thủy tinh thay thế xi măng hay cốt liệu trong bê tông [9].

3.3. Độ hút nước

Độ hút nước của mẫu bê tông được tiến hành đo khi bê tông trên 28 ngày tuổi. Các giá trị đo độ hút nước được trình bày ở Hình 10.

Từ các giá trị đo độ hút nước của mẫu bê tông chúng ta thấy rằng độ hút nước của mẫu bê tông giảm dần khi hàm lượng thủy tinh tăng dần từ 0% đến 30%. Cụ thể là độ hút nước của mẫu 0% thủy tinh là 7,49%, 10% thủy tinh là 6,16%, 20% thủy tinh là 5,76 % và 30% thủy tinh là 5,44 %. Điều này có thể được giải thích là do cấu trúc sít chặt của thủy tinh so với cấu trúc rỗng xốp của cát tự nhiên. Kết quả là độ hút nước của mẫu có thủy tinh ngày càng giảm khi hàm lượng thủy tinh thay thế cát tự nhiên ngày càng tăng.



Hình 10. Độ hút nước của bê tông

4. Kết luận

Từ các kết quả thí nghiệm nghiên cứu thay thế cát tự nhiên bằng thủy tinh phế thải trong công nghệ sản xuất bê tông mác M300, chúng ta rút ra một số kết luận như sau:

- Thủy tinh phế thải có khả năng thay thế được cát trong sản xuất bê tông.

- Độ linh động của hỗn hợp bê tông tăng dần khi hàm lượng thủy tinh thay thế cát tăng dần từ 0% đến 30%.

- Cường độ nén của bê tông tăng dần khi thủy tinh thay thế cát tăng từ 10% đến 20% và giảm khi hàm lượng thủy tinh thay thế cát tăng đến 30%.

- Để sản xuất bê tông mác M300 thì lượng thủy tinh phế thải tối ưu nhất để thay thế cát là 20%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. T. M. Dung, H. V. Hiep, and H. T. Phuoc, "Possibility of using recycled waste medical-glass as fine aggregate in normal-strength concrete", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - HUCE*, vol. 15, no. 3, pp. 93-108, 2021.
- [2] "US Patent for Grey glass composition and method of making same Patent (Patent # 6,403,509 issued June 11, 2002) - Justia Patents Search". <https://patents.justia.com/patent/6403509> [Accessed May 04, 2023].
- [3] M.-Y. Lee *et al.*, "Artificial stone slab production using waste glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction", *Cement and Concrete Composites*, vol. 30, no. 7, pp. 583-587, 2008.
- [4] I. Demir, "Reuse of waste glass in building brick production", *Waste Manag Res*, vol. 27, no. 6, pp. 572-577, 2009.
- [5] H. V. Thang, "Utilization of waste glass in manufacturing of concrete with compressive strength of 350", *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 18, no. 11, pp. 16-20, 2020.
- [6] M. C. Bignozzi, A. Saccani, L. Barbieri, and I. Lancellotti, "Glass waste as supplementary cementing materials: The effects of glass chemical composition", *Cement and Concrete Composites*, vol. 55, pp. 45-52, 2015.
- [7] K. H. Tan and H. 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, 2013.
- [8] L. Yan and J.-F. Liang, "Use of waste glass as coarse aggregate in concrete: mechanical properties", *Advances in concrete construction*, vol. 8, no. 1, pp. 1-7, 2019.
- [9] Ö. Zeybek *et al.*, "Influence of Replacing Cement with Waste Glass on Mechanical Properties of Concrete", *Materials*, vol. 15, no. 21, p. 7513, 2022.
- [10] E. E. Ali and S. H. Al-Tersawy, "Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in self compacting concrete", *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 785-791, 2012.