

# Đánh giá đặc điểm rửa trôi của bê tông cốt sợi pet thải trong môi trường nước nhiễm phen

Nguyễn Võ Châu Ngân<sup>1\*</sup>, Nguyễn Trường Thành<sup>1</sup>, Phan Thanh Thuận<sup>1</sup>, Lê Hoàng Việt<sup>1</sup>, Huỳnh Trọng Phước<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

**TỪ KHOA**

Bê tông cốt sợi  
Nhựa thải PET  
Nước nhiễm phen

**TÓM TẮT**

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá đặc điểm rửa trôi của bê tông cốt sợi PET trong môi trường nước nhiễm phen. Các mẫu bê tông thử nghiệm có hàm lượng cốt sợi cố định ở 0,45% thể tích gồm F00 (mẫu đối chứng không có cốt sợi), F2-5, F4-3, F4-5, F6-5 và F4-7 (con số sau kí tự F lần lượt thể hiện độ rộng và chiều dài sợi theo đơn vị mm). Các mẫu bê tông sau khi dưỡng hộ đến 28 ngày ở điều kiện thông thường được ngâm trong môi trường nước với độ pH tương đương 3,5; 5,0 và 6,0. Axít axetat được sử dụng để điều chỉnh pH trong suốt 30 ngày thí nghiệm. Đặc điểm rửa trôi của bê tông được đánh giá thông qua các chỉ số chất lượng nước gồm độ pH, độ mặn, TDS, ORP và độ dẫn điện. Các kết quả ghi nhận cho thấy chất lượng nước ngâm mẫu bê tông F2-5 ít khác biệt nhất so với mẫu F00, trong khi mẫu F6-5 có khác biệt lớn nhất so với mẫu F00. Chất lượng nước ngâm của các mẫu bê tông F4-3, F4-5 và F4-7 khá tương đồng với nhau. Như vậy, mẫu bê tông sử dụng cốt sợi có độ rộng càng lớn so với chiều dài sợi sẽ có độ xốp lớn làm tăng khả năng giải phóng các thành phần vật chất khi hoạt động trong môi trường nước nhiễm phen. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở để chọn tỷ lệ chiều dài và độ rộng của cốt sợi phù hợp cho việc sản xuất bê tông cốt sợi ứng dụng cho các công trình xây dựng ở những khu vực nước bị nhiễm phen.

**KEYWORDS**

Fiber-reinforced concrete  
PET plastic waste  
Acidic water

**ABSTRACT**

The study was conducted to evaluate the leaching characteristic of waste PET-based fiber-reinforced concrete (PET concrete) in an acidic environment. The concrete samples were prepared with a fixed PET fiber content of 0.45% by volume, including F00 (control sample, without PET fiber), F2-5, F4-3, F4-5, F6-5, and F4-7 (the number after the letter F represents the width and length [in mm] of PET fiber). After normal curing for 28 days, concrete samples were subjected to water with equivalent pH values of 3.5, 5.0, and 6.0. Acetate acid was used to adjust pH during the 30 days of the experiment. The leaching characteristic of PET concrete were evaluated through water quality indicators including pH, salinity, TDS, ORP, and electrical conductivity. The obtained results show that the water quality of the F2-5 PET concrete sample was the least different from that of the F00 sample, while the F6-5 PET concrete sample had the biggest difference compared to the F00 sample. The water quality of the F4-3, F4-5, and F4-7 PET concrete samples was not significantly different. Therefore, PET concrete samples with a larger ratio of fiber width and length could have a large internal porosity, increasing the ability to release some components under an acidic environment. The results of the study are basic considerations for the optimum selection of fiber length-to-width ratio in the production of PET concrete applied in acidic water areas.

**1. Giới thiệu**

Việc tiêu dùng các sản phẩm nhựa tạo ra một lượng lớn nhựa thải đang gây ra vấn nạn “ô nhiễm trắng” ở quy mô toàn cầu. Sau khi được sử dụng, hàng năm cư dân thế giới thải ra khoảng 275 triệu tấn nhựa [1], trong đó người dân Việt Nam thải ra trên 1,8 triệu tấn nhựa [2] chiếm từ 8 - 12% tổng chất thải rắn sinh hoạt. Nếu trung bình 10% số lượng chất thải nhựa và túi nilon không được tái sử dụng mà thải bỏ hoàn toàn, lượng chất thải nhựa và túi nilon thải bỏ ở Việt Nam sẽ xấp xỉ 2,5 triệu tấn/năm [3]. Lim và cộng sự [4] ghi nhận tái chế là giải pháp tối ưu để xử lý nhựa thải, giảm tác động về mặt tiêu

thụ tài nguyên và năng lượng, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tuy nhiên đối với nhựa thải có thành phần độc hại cần phải có giải pháp tái chế phù hợp [5].

Các phương pháp tái chế nhựa thải bao gồm tái chế cơ học, tái chế dạng dung môi, nhiệt hóa dầu và khí hóa [6]. Nếu đánh giá chung về các góc độ kinh tế, môi trường, công nghệ thì tái chế nhựa thải bằng phương pháp cơ học được các doanh nghiệp chọn thực hiện nhiều nhất [7, 8]. Trong số các phương pháp tái chế cơ học, tận dụng nhựa thải làm cốt sợi sản xuất cấp phối bê tông xây dựng đã được nhiều nhóm nghiên cứu trong và ngoài nước thực hiện. Bê tông cốt sợi (BTCS) nhựa sử dụng các loại nhựa tổng hợp như nilon, polypropylene

\*Liên hệ tác giả: nvcngan@ctu.edu.vn

Nhận ngày 15/08/2023, sửa xong ngày 29/11/2023, chấp nhận đăng 01/12/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2023.535>

PP, polyethylene PE, polyetylen terephtalat PET, polyvinyl clorua PVC, v.v. giúp gia tăng cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén, giảm độ co kho và ngăn ngừa sự hình thành vết nứt của bê tông [9-13].

Đồng bằng sông Cửu long (ĐBSCL) có diện tích tự nhiên khoảng 4 triệu ha, trong đó đất phèn có diện tích lớn nhất với 1,68 triệu ha (chiếm 44 % diện tích chung) tập trung ở Đồng Tháp Mười, Tứ giác Long Xuyên [14]. Môi trường nước nhiễm phèn ở ĐBSCL có khả năng ăn mòn cốt thép trong cấp phối bê tông, đe dọa sự an toàn của các công trình xây dựng, đặc biệt là công trình thủy lợi [15]. Một trong những biện pháp giúp cải thiện hiệu quả hoạt động của bê tông làm việc trong môi trường nước nhiễm phèn là gia cường bằng cốt sợi nhựa. Sử dụng BTCS, bên cạnh cải thiện các đặc tính cơ học như đã trình bày ở trên, BTCS nhựa còn được đánh giá có khả năng làm việc bền trong môi trường ăn mòn như nước biển [11, 16]. Nghiên cứu này nhằm đánh giá đặc điểm rửa trôi của cấp phối BTCS sử dụng sợi nhựa PET khi hoạt động trong môi trường nước nhiễm phèn tương tự điều kiện của khu vực ĐBSCL.

**2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Mẫu cấp phối BTCS thí nghiệm**

Trong nghiên cứu này, các cấp phối BTCS sản xuất từ thử nghiệm trước đây của Huỳnh và cộng sự [17] được tiếp tục sử dụng (Bảng 1). Các loại nguyên liệu truyền thống dùng để phối trộn cấp phối bê tông bao gồm xi măng PC40 đạt chuẩn TCVN 2682:2020 [18], đá 1 x 2 và cát đạt chuẩn TCVN 7570:2006 [19], phụ gia siêu dẻo Sika Visco-Crete đạt chuẩn TCVN 8826:2011 [20]. Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng thêm các loại phụ phẩm công nghiệp giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường và giảm chi phí xây dựng, cụ thể gồm: Tro bay loại F từ Nhà máy Nhiệt điện than đạt chuẩn TCVN 10302:2014 [21] thay thế một phần xi măng (20 % theo khối lượng) và xi lò cao nghiền mịn S95 đạt chuẩn TCVN 11586:2016 [22] thay thế một phần xi măng (35 % theo khối lượng).

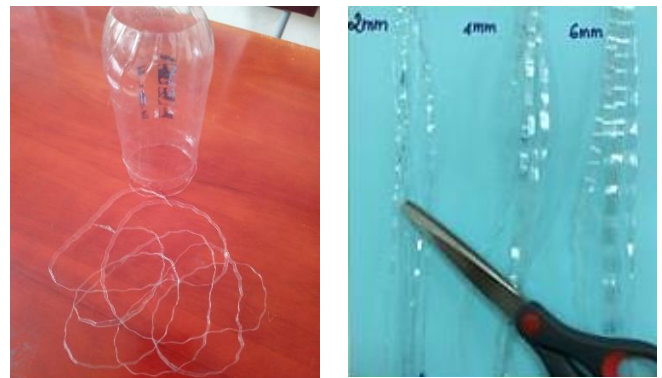
Ngoài ra, sợi nhựa PET tự chế được cắt từ chai nước Aquafina 0,5 lít có kích thước sợi khác nhau (xem Bảng 2 và Hình 1) với lượng phối trộn chiếm 0,45 % thể tích hỗn hợp cấp phối. Quy trình thiết kế cấp phối mẫu BTCS thí nghiệm tiến hành theo hướng dẫn của TCVN 10306:2014 [23].

**Bảng 1.** Hàm lượng nguyên liệu phối trộn 1 m<sup>3</sup> mẫu BTCS thí nghiệm.

Vật liệu (kg)	F00	F2-5	F4-3	F4-5	F4-7	F6-5
Xi măng	224,8	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7
Tro bay	99,9	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4
Xi lò cao	174,8	174,0	174,0	174,0	174,0	174,0
Cát	686,0	683,0	682,8	682,8	682,6	682,8
Đá	1132,9	1127,6	1127,4	1127,3	1127,2	1127,4
Nước	149,8	149,2	149,1	149,1	149,1	149,1
Phụ gia	3,6	3,7	4,0	4,1	4,2	4,0
Sợi nhựa	0,0	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

**Bảng 2.** Kích thước sợi nhựa PET sử dụng phối trộn mẫu BTCS.

Cấp phối	Kích thước sợi nhựa
F00	Cấp phối đối chứng, không sử dụng sợi nhựa
F2-5	Sợi nhựa rộng 2 mm, dài 50 mm, tỷ lệ dài/rộng = 25
F4-3	Sợi nhựa rộng 4 mm, dài 30 mm, tỷ lệ dài/rộng = 7,5
F4-5	Sợi nhựa rộng 4 mm, dài 50 mm, tỷ lệ dài/rộng = 12,5
F4-7	Sợi nhựa rộng 4 mm, dài 70 mm, tỷ lệ dài/rộng = 17,5
F6-5	Sợi nhựa rộng 6 mm, dài 50 mm, tỷ lệ dài/rộng = 8,3



**Hình 1.** Sợi nhựa PET tự chế.

**2.2. Phương pháp thí nghiệm**

Báo cáo của Huân và Minh [24] đã ghi nhận diện tích đất phèn lớn ở ĐBSCL đã giải phóng một lượng lớn axit sunphuric và các muối sunphat vào môi trường nước hình thành những khu vực địa lý có thể gây ăn mòn bê tông cốt thép ứng với mức pH khác nhau: không ăn mòn pH > 6,5; ăn mòn yếu pH = 5,0 - 6,5; ăn mòn trung bình pH = 4,0 - 4,9 và ăn mòn mạnh pH < 3,9.

Mẫu BTCS có hàm lượng cốt sợi chiếm 0,45% thể tích gồm F2-5, F4-3, F4-5, F6-5, F4-7 và F00 (không có cốt sợi). Chi tiết về cấp phối của các mẫu BTCS thí nghiệm có thể tham khảo từ nhóm nghiên cứu của Huỳnh và cộng sự [17] và đã trình bày ở Bảng 1. Các cấp phối BTCS sau khi đúc mẫu và được dưỡng hộ 28 ngày sẽ ngâm vào các thùng nhựa 20 L chứa nước ở các ngưỡng pH khác nhau: pH ≈ 3,5 (ăn mòn mạnh), pH ≈ 5,0 (ăn mòn trung bình), pH ≈ 6,0 (ăn mòn yếu). Ngoài ra còn nhóm thùng ngâm mẫu bê tông không có cốt sợi (F00) được xem là nghiệm thức đối chứng (Bảng 3).

Tất cả các thùng ngâm mẫu BTCS thí nghiệm được bố trí trong phòng để giảm thiểu lượng nước bốc hơi (Hình 2a). Các nghiệm thức được kiểm tra và điều chỉnh giá trị pH của nước mỗi 2 ngày trong 8 ngày đầu, sau đó do pH chậm thay đổi nên điều chỉnh pH mỗi 4 ngày (ngày 12, 16, v.v.) bằng axit axetat CH<sub>3</sub>COOH cho đến khi kết thúc thí nghiệm ở ngày thứ 30. Máy đo pH (Hanna HI98127) được sử dụng để kiểm tra và hiệu chỉnh pH định kỳ, xem Hình 2b).

**Bảng 3.** Bố trí các nghiệm thức đánh giá độ thân thiện với môi trường.

Nghiệm thức	pH ≈ 6,0 (ăn mòn yếu)	pH ≈ 5,0 (ăn mòn trung bình)	pH ≈ 3,5 (ăn mòn mạnh)	Tổng cộng
F00	1	1	1	3
F2-5	1	1	1	3
F4-3	1	1	1	3
F4-5	1	1	1	3
F4-7	1	1	1	3
F6-5	1	1	1	3
Tổng cộng	6	6	6	18

Việc ngâm mẫu BTCS trong những thùng nước có pH khác nhau là giả định các điều kiện làm việc khác nhau của cấp phối bê tông ở ĐBSCL. Nước có pH khác nhau sẽ có mức độ ăn mòn bê tông khác nhau, kéo theo chất lượng nước thay đổi khác nhau. Thiết bị đo chất lượng nước Aqua Troll 400 (Công ty In-Situ, Hoa Kỳ) được sử dụng để đo nhanh một số thông số chất lượng nước bao gồm pH, độ mặn, tổng chất rắn hòa tan TDS, chỉ số oxy hóa khử ORP, độ dẫn điện (Hình 3). Tần suất đo 1 lần/ngày.



(a) Bố trí thùng ngâm mẫu BTCS



(b) Hiệu chỉnh pH định kỳ

**Hình 2.** Thí nghiệm đánh giá tính thân thiện với môi trường của các mẫu.



(a) Thiết bị Aqua Troll 400



(b) Đo chất lượng nước ngâm mẫu

**Hình 3.** Đo đặc chất lượng nước ngâm mẫu bằng thiết bị Aqua Troll 400.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá cảm quan

Trong nghiên cứu này, các cấp phối BTCS sau khi đúc và dưỡng hộ 28 ngày theo TCVN 3015:1993 [25] được ngâm trong môi trường nước có pH khác nhau. Cấp phối BTCS sau khi đúc mẫu có bề mặt vừa

với khuôn mẫu do tỷ lệ phối trộn của nhựa còn thấp; phù hợp với ghi nhận bề mặt bê tông sau khi đúc bị phồng lên nếu hàm lượng nhựa PET phối trộn lên đến trên 6% [26]. Tuy nhiên nghiên cứu này sử dụng nhựa thải PET làm cốt sợi, do đó vẫn có thể thấy được một số sợi nhựa trên bề mặt bê tông (Hình 4).



**Hình 4.** Mẫu BTCS sau khi dưỡng hộ 28 ngày chuẩn bị ngâm nước thí nghiệm.

Về cảm quan không ghi nhận các thay đổi giữa các thùng ngâm mẫu bê tông trong 12 ngày đầu, kể cả giữa cùng nhóm mẫu bê tông ngâm ở các thùng pH khác nhau, hoặc các mẫu bê tông khác nhau ngâm ở cùng giá trị pH (Hình 5). Mặc dù đây là quãng thời gian có nhiều thay đổi về giá trị pH, pH của các thùng đều tăng cần phải điều chỉnh giảm vào các ngày thứ 2, 4, 6, 8 và 12. Khi ngâm mẫu bê tông trong nước, thời gian đầu các thành phần hóa học của xi măng trong cấp phối bê tông khi gặp nước bị rửa trôi tạo ra một số loại khoáng, trong đó khoáng  $Ca(OH)_2$  chiếm tỷ lệ cao nhất [27].  $Ca(OH)_2$  bị hòa tan ra khỏi cấp phối bê tông làm cho nồng độ vôi trong lỗ rỗng giảm xuống, để lấy lại nồng độ vôi đầu tiên  $Ca(OH)_2$  tiếp tục hòa tan làm tăng giá trị pH của nước [24].



(a) Nghiệm thức đối chứng (không cốt sợi)



(b) Nghiệm thức BTCS cấp phối F4-7

**Hình 5.** Cảm quan chất lượng mẫu nước trong 12 ngày đầu thí nghiệm.



(a) Nghiệm thức đối chứng (không cốt sợi)



(b) Nghiệm thức BTCS cấp phối F4-7

**Hình 6.** Mẫu nước sau khi nghiệm thức pH = 3,5 bị kết tủa.

Từ ngày thứ 13, toàn bộ các thùng ngâm mẫu bê tông ở pH = 3,5 chuyển sang màu trắng đục. Không chỉ màu nước thay đổi mà bản thân mẫu bê tông ngâm trong nước cũng xuất hiện một lớp màu trắng như muối bao xung quanh bề mặt (Hình 6). Hiện tượng này đã được Huân và Minh [24] giải thích trong các cơ chế ăn mòn bê tông, theo đó khoáng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tác dụng với a-xít trong môi trường tạo ra các hydroxit kết tủa dạng vô định hình. Các kết tủa này bám trên bề mặt mẫu bê tông ngâm trong nước có pH = 3,5 khẳng định đây là cơ chế ăn mòn a-xít, trong khi các nghiệm thức ngâm mẫu bê tông còn lại không xảy ra hiện tượng kết tủa khoáng trong suốt thời gian thí nghiệm. Hình ảnh về các mẫu bê tông bị kết tủa được trình bày rõ hơn ở Hình 7. Lớp kết tủa này hiện diện trên toàn bộ bề mặt của mẫu bê tông nhưng không có hình dạng nhất định. Tuy nhiên do thí nghiệm không bố trí lặp lại nên chúng tôi không thu mẫu kết tủa và phân tích đánh giá.



Hình 7. Mẫu BTCS bị khoáng hóa trong quá trình thử nghiệm.

### 3.2. Các thông số chất lượng nước ngâm mẫu

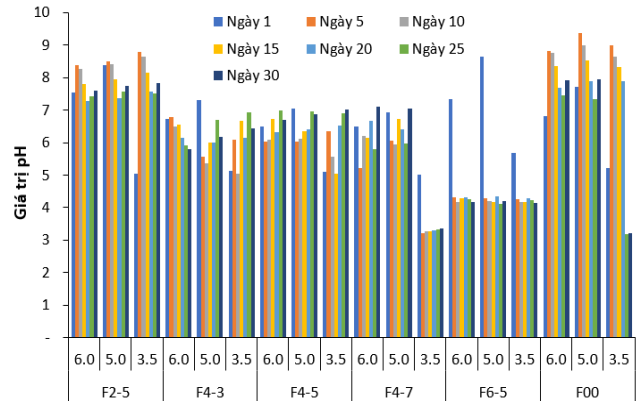
#### 3.2.1 Giá trị pH

Khi ngâm mẫu bê tông trong nước, các khoáng trong nguyên liệu xi măng và xi lò cao bị hòa tan vào nước, trong đó thành phần khoáng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  chiếm cao nhất và liên tục hòa tan gây cứng hóa môi trường nước và tăng độ pH của nước. Điều này phù hợp với giá trị pH của các mẫu nước ngâm bê tông tăng khá nhanh trong 8 ngày đầu (cần điều chỉnh pH mỗi 2 ngày), sau đó mức tăng giảm dần (cần điều chỉnh pH mỗi 4 ngày).

Xét theo ngưỡng biến thiên pH, mẫu bê tông ngâm trong môi trường nước với độ pH càng thấp có xu hướng bị ăn mòn nhanh hơn. Kết quả cho thấy giá trị pH đo được ở các thùng ngâm mẫu có pH = 3,5 tăng nhanh và khá tương đồng với giá trị pH của các thùng ngâm mẫu có pH = 5,0 và pH = 6,0. Ngoài ra, mức tăng pH của nước ngâm mẫu bê tông đối chứng (không có cốt sợi) cao hơn các nghiệm thức BTCS. Điều này là do các cấp phối BTCS đã có một lượng sợi nhựa bổ sung, lượng xi măng và xi lò cao sử dụng giảm so với mẫu đối chứng, do đó hàm lượng khoáng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bị hòa tan vào nước giảm đi ít gây biến động cho pH nước (Hình 8).

Xét theo cấp phối bê tông, các mẫu BTCS có cùng độ rộng sợi nhựa F4 có xu hướng thay đổi giá trị pH thấp hơn nếu chiều dài sợi nhựa gia tăng. Sợi nhựa dài hơn tạo bề mặt liên kết lớn hơn, hiệu ứng bắc cầu tốt hơn giữa sợi và hỗn hợp giúp gia tăng cường độ chịu nén,

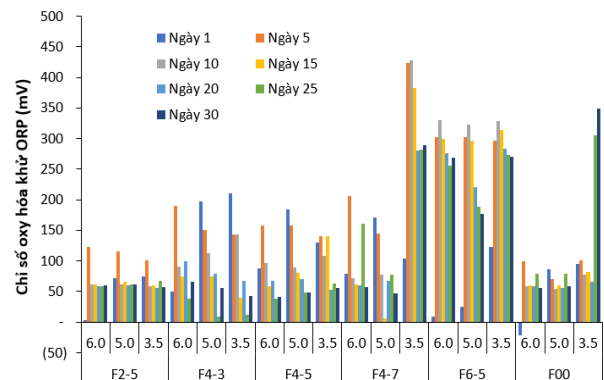
chịu uốn của bê tông [17]. Riêng cấp phối F6-5 có độ rộng sợi nhựa lớn nhất nhưng được ghi nhận ít có sự thay đổi giá trị pH so với các cấp phối còn lại, thậm chí có xu hướng a-xít hóa. Điều này là do ảnh hưởng của tỷ lệ giữa chiều dài/độ rộng của sợi nhựa.



Hình 8. Giá trị pH của các mẫu nước ngâm bê tông.

#### 3.2.2 Chỉ số oxy hóa khử ORP

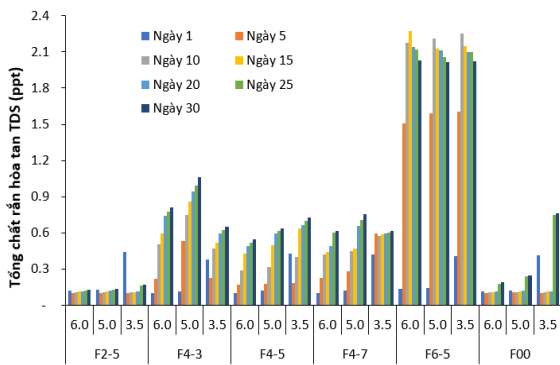
Trong nghiên cứu này, chỉ số ORP được đo đạc nhằm đánh giá sự hiện diện của các dạng ion đặc trưng cho nguồn nước bị nhiễm phen hay có độ cứng cao. Tùy thuộc vào mức độ phân rã thành phần xi măng, nếu mẫu nước ngâm bê tông chứa hàm lượng cao các loại ion  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Si}^{4+}$ , v.v. thì chỉ số ORP đo được càng cao. Hầu hết các kết quả ORP đo đạc được đều có giá trị dương (trừ cấp phối đối chứng ở pH = 6,0) chứng tỏ môi trường nước ngâm mẫu bê tông có tính oxy hóa hay tính a-xít (Hình 9). Chỉ số ORP ghi nhận ở các mẫu nước đo đạc có mối tương quan nghịch với nồng độ pH, mẫu nước có độ pH càng cao có nhiều tác nhân làm giảm ORP hay chỉ số ORP thấp. Nghiệm thức có chỉ số ORP cao nhất là F6-5, đồng thời có độ pH thấp nhất trong số các nghiệm thức thí nghiệm. Nghiệm thức F2-5 có chỉ số ORP thấp nhất (pH cao nhất) trong nhóm cấp phối BTCS nhờ có tỷ lệ chiều dài và độ rộng của sợi dài nhất. Với cùng độ rộng sợi nhựa 4 mm, nghiệm thức có sợi nhựa dài hơn ghi nhận chỉ số ORP có xu hướng lớn hơn.



Hình 9. Chỉ số oxy hóa khử của các mẫu nước ngâm bê tông.

### 3.2.3 Tổng chất rắn hòa tan

Trong nghiên cứu này, giá trị TDS được đo đạc để đánh giá hàm lượng chất rắn vô cơ, hữu cơ bị ăn mòn từ các mẫu bê tông và tồn tại ở dạng ion trong nước. Kết quả đo đạc ghi nhận hàm lượng TDS tăng cao đột biến ở mẫu nước ngâm cấp phối bê tông F6-5. Mẫu nước của cấp phối bê tông F6-5 có độ pH ít biến động nhất trong suốt quá trình thí nghiệm. Theo kết quả đo pH, môi trường nước ngâm cấp phối F6-5 có xu hướng a-xít hóa nên mức độ ăn mòn bê tông cao hơn những nghiệm thức khác, kéo theo hàm lượng TDS trong nước tăng như trình bày trong Hình 10.



Hình 10. Tổng chất rắn hòa tan trong các mẫu nước ngâm bê tông.

So sánh với bê tông không cốt sợi, chỉ trừ cấp phối F2-5, mẫu nước của các cấp phối BTCS còn lại đều ghi nhận hàm lượng TDS cao hơn. Điều này cho thấy việc phối trộn sợi nhựa vào hỗn hợp bê tông đã có ảnh hưởng đến kết cấu của cấp phối. Một số nghiên cứu trước đây xác nhận việc thêm sợi vào hỗn hợp bê tông hình thành cấu trúc dạng lưới hạn chế chuyển động của vật liệu [28, 29]. Trường hợp nguyên liệu phối trộn không phân bố đều trong hỗn hợp bê tông, kết hợp với độ ăn mòn a-xít đã phân rã các thành phần vô cơ của nguyên liệu phối trộn vào môi trường nước. Trong phạm vi nghiên cứu này chúng tôi chưa đánh giá sự phân rã của thành phần sợi nhựa vào nước, do đó cần những thí nghiệm bổ sung để hoàn thiện thêm kết quả nghiên cứu.

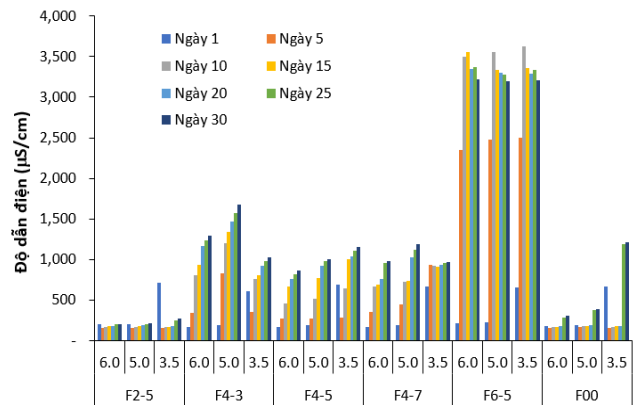
Xét theo cấp phối BTCS, mẫu nước của các nghiệm thức bê tông có cùng độ rộng sợi nhựa F4 ghi nhận hàm lượng TDS thấp hơn nếu tăng chiều dài sợi nhựa. Tỷ lệ chiều dài/độ rộng của sợi nhựa nhỏ tạo ra diện tích bề mặt liên kết giữa cốt sợi và hỗn hợp bê tông thấp hơn, làm giảm khả năng liên kết trong cấu trúc bê tông [30]; cấp phối bê tông dễ dàng phân rã các thành phần nguyên liệu vào môi trường nước.

Xét về ảnh hưởng của nồng độ pH lên cấp phối, kết quả đo đạc các mẫu nước ngâm bê tông chưa ghi nhận sự khác biệt trong giá trị TDS giữa các nồng độ pH thí nghiệm. Điều này có thể là do thời gian tiến hành thí nghiệm chỉ giới hạn trong 30 ngày, quá trình khoáng hóa các thành phần hóa học của xi măng chưa hoàn thiện. Trong nghiên cứu ảnh hưởng của cốt sợi phân tán đến một số tính chất của bê tông trong môi trường ăn mòn, Thắng và Lê [16] đã ghi nhận mẫu

bê tông cốt thép bị phá hủy ở ngày thứ 52, mẫu bê tông cốt sợi PP bị phá hủy ở ngày 58. Trước đó, Huân và Minh [24] ghi nhận sự thay đổi cấu trúc bề mặt bê tông sau 9 tháng tuổi khi vận hành thử nghiệm mẫu bê tông cốt thép trong môi trường nước nhiễm phèn.

### 3.2.4 Độ dẫn điện

Khi các chất rắn hòa tan trong nước chúng trở thành các ion mang điện tích âm hoặc dương và có khả năng dẫn điện, lượng chất rắn cao thì độ dẫn điện sẽ càng cao. Kết quả đo đạc độ dẫn điện của các mẫu nước ngâm bê tông hoàn toàn tương đồng với kết quả đo đạc hàm lượng TDS đã trình bày ở phần trên (Hình 11). Theo đó mẫu nước của nghiệm thức đối chứng có độ dẫn điện thấp nhất do không phối trộn với cốt sợi, các nguyên liệu phối trộn cấp phối phân bố đều và kết cấu của cấp phối ổn định, giảm các ion hòa tan vào môi trường nước.



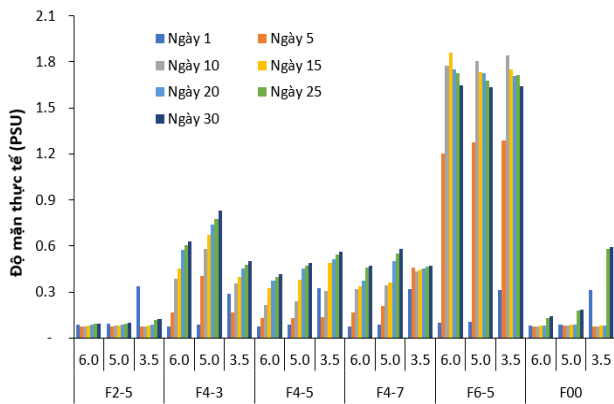
Hình 11. Độ dẫn điện của các mẫu nước ngâm bê tông.

So sánh giữa các cấp phối BTCS, mẫu nước của nghiệm thức F6-5 ghi nhận độ dẫn điện cao nhất chứng tỏ ảnh hưởng của độ rộng và tỷ lệ chiều dài/độ rộng sợi nhựa đến kết cấu của cấp phối. Ngược lại, mẫu nước của nghiệm thức F2-5 có giá trị độ dẫn điện thấp nhất do độ rộng nhỏ nhất trong khi tỷ lệ chiều dài/độ rộng là lớn nhất trong số các cấp phối BTCS thí nghiệm. Nếu xét trong nhóm cấp phối BTCS có cùng độ rộng sợi nhựa F4, nghiệm thức phối trộn với cốt sợi dài hơn (tỷ lệ chiều dài/độ rộng lớn hơn) sẽ có kết cấu hỗn hợp bê tông ổn định hơn, hạn chế phân rã các ion vào môi trường nước. Kết quả đo đạc ghi nhận độ dẫn điện của mẫu nước ngâm cấp phối bê tông F4-3 (tỷ lệ chiều dài/độ rộng = 7,5) cao hơn mẫu nước ngâm cấp phối bê tông F4-5 và F4-7 (tỷ lệ chiều dài/độ rộng = 12,5 và 17,5).

### 3.2.5 Độ mặn

Độ mặn là tổng trọng lượng của tất cả các chất khoáng rắn (các muối) hòa tan có trong một đơn vị trọng lượng nước nhất định. Thiết bị đo sử dụng trong nghiên cứu này ghi nhận độ mặn thực tế của mẫu nước thông qua việc đo các chất rắn dạng ion hòa tan có trong nước. Mặc dù mẫu nước thí nghiệm không có hàm lượng muối với hai ion

đặc trưng là  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$ , tuy nhiên có chứa các ion phân rã từ thành phần hóa học của xi măng như  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ... Trong nghiên cứu này, giá trị độ mặn cao nhất ghi nhận ở nghiệm thức F6-5 và độ mặn thấp nhất ghi nhận ở nghiệm thức đối chứng. Đối với nghiệm thức đối chứng, kết cấu cấp phối không bị ảnh hưởng bởi cốt sợi và phân bố đều nên các thành phần hóa học của xi măng ít bị phân rã vào môi trường nước. Ngược lại, cấp phối bê tông F6-5 có tỷ lệ chiều dài và độ rộng nhỏ, trong khi độ rộng sợi lớn nhất 6 mm nên cấu trúc hỗn hợp không đều, khả năng phân rã các ion vô cơ vào môi trường nước cao nhất dẫn đến độ mặn lớn nhất (Hình 12). Trong nhóm cấp phối BTCS có cùng độ rộng sợi F4, độ mặn cao hơn đo được trong mẫu nước ngâm mẫu BTCS có chiều dài sợi ngắn hơn (30 mm) so với các mẫu BTCS có sợi nhựa dài hơn (50 mm và 70 mm). Nguyên nhân của sự chênh lệch độ mặn cũng đã được giải thích bởi tỷ lệ chiều dài và độ rộng của cốt sợi nhựa sử dụng.



Hình 12. Độ mặn thực tế của các mẫu nước ngâm bê tông.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đặc điểm rửa trôi của bê tông cốt sợi PET thải trong môi trường nước nhiễm phen ghi nhận một số kết quả chính sau:

- Việc bổ sung cốt sợi vào cấp phối bê tông đã làm tăng hàm lượng các ion bị rửa trôi so với cấp phối bê tông truyền thống khi hoạt động trong môi trường nước nhiễm phen.

- Từ ngày thứ 13 của thí nghiệm, ghi nhận hiện tượng khoáng hóa diễn ra ở các nghiệm thức ngâm mẫu bê tông trong  $\text{pH} = 3,0$ . Tuy nhiên ảnh hưởng của các mức độ phen hóa (độ a-xít) khác nhau đến việc rửa trôi cấp phối BTCS thông qua các thông số chất lượng nước chưa thể hiện rõ trong 30 ngày thí nghiệm.

- Hình dạng của sợi nhựa ảnh hưởng đến khả năng bị ăn mòn của cấp phối BTCS, bê tông với cốt sợi có độ rộng lớn hơn bị rửa trôi các thành phần nguyên liệu cao hơn. Ngoài ra, tỷ lệ chiều dài/độ rộng của cốt sợi nhựa càng lớn giúp giảm nhẹ quá trình rửa trôi cấp phối BTCS.

Ngoài ra, từ kết quả thí nghiệm, một số kiến nghị được đề xuất nhằm hoàn thiện hơn kết quả nghiên cứu: (1) Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ pH đến đặc điểm rửa trôi BTCS với thời gian dài hơn và (2) Nghiên cứu các cấu hình khác nhau của sợi nhựa PET và đa dạng

hóa các loại nhựa khác để tìm hiểu khả năng cải tiến tính chất cơ học và độ bền của BTCS.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu xử lý rác thải nhựa làm cốt liệu trộn bê tông trong xây dựng công trình thân thiện môi trường (B2021-TCT-12)” của Trường Đại học Cần Thơ.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. H.R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K.L. Law, Plastic waste inputs from land into the ocean, *Sci* 347 (6223) (2015) 768–771.
- [2]. P. Quach, G. Milne, Plastics: A growing concern – A Vietnam perspective, 2019.
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Chung tay hành động chống rác thải nhựa vì một Việt Nam xanh, 2019.
- [4]. J. Lim, Y. Ahn, J. Kim, Optimal sorting and recycling of plastic waste as a renewable energy resource considering economic feasibility and environmental pollution. *Process Saf Environ* 169 (2023) 685–696.
- [5]. J. Fellner, P.H. Brunner, Plastic waste management: is circular economy really the best solution? *J Mater Cycles Waste Manag* 24 (2021) 1–3.
- [6]. K. Hamad, M. Kaseem, F. Deri, Recycling of waste from polymer materials: an overview of the recent works. *Polym Degrad Stab* 98 (2013) 2801–2812.
- [7]. G. Dodbiba, K. Takahashi, J. Sadaki, T. Fujita, The recycling of plastic wastes from discarded TV sets: comparing energy recovery with mechanical recycling in the context of life cycle assessment. *J Clean Prod* 16 (2008) 458–470.
- [8]. S. Vinodh, M. Prasanna, N.H. Prakash, Integrated Fuzzy AHP-TOPSIS for selecting the best plastic recycling method: A case study. *J Appl Math Model* 38 (2014) 4662–4672.
- [9]. V.H. Hiệp, Đ.V. Thanh, H.G. Dương, Nghiên cứu sử dụng bê tông cốt sợi polypropylene (PP) phân tán. Thư viện số Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2017.
- [10]. T.V. Hường, L.Q. Nga, Nghiên cứu đặc tính cơ ngót của bê tông cốt sợi polypropylen forta-ferro. *Tạp chí Giao thông vận tải* 10 (2018) 49–52.
- [11]. N.Q. Phú, Nghiên cứu xác định hàm lượng cốt sợi hợp lý để chế tạo bê tông có khả năng chịu nén và chịu uốn tốt, bền trong môi trường biển. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 61 (2018) 23–29.
- [12]. N.F. Medina, G. Barluenga, F. Hernandez-Olivares, Combined effect of polypropylene fibers and silica fume to improve the durability of concrete with natural pozzolans blended cement. *Constr Build Mater* 96 (2015) 556–566.
- [13]. K. Ramadevi, R. Manju, Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibres as fine aggregates. *Int J Emerg Technol Adv Eng* 2(6) (2015) 42–46.
- [14]. T. Thứ, Nghiên cứu sử dụng hợp lý đất phèn vùng đồng bằng sông Cửu Long, tạo thể mạnh phát triển kinh tế vùng, *Báo điện tử Tài nguyên và Môi trường*, 2013.
- [15]. N.M. Phát, Lý thuyết ăn mòn và chống ăn mòn bê tông, bê tông cốt thép trong xây dựng. NXB Xây dựng Hà Nội, 2007.

- [16]. N.T. Thắng, V.P. Lê, Nghiên cứu ảnh hưởng của cốt sợi phân tán đến một số tính chất của bê tông trong môi trường ăn mòn. Tạp chí Xây dựng 8 (2022) 90–95.
- [17]. T.P. Huynh, T.H.M. Le, N.V.C. Ngan, An experimental evaluation of the performance of concrete reinforced with recycled fibers made from waste plastic bottles. Results Eng 18 (2023) 101205.
- [18]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 2682:2020 Xi măng Poóc lăng, 2020.
- [19]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật, 2006.
- [20]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 8826:2011 Phụ gia hóa học cho bê tông, 2011.
- [21]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 10302:2014 Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng, 2014
- [22]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 11586:2016 Xi hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa, 2016.
- [23]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 10306:2014 Bê tông cường độ cao – Thiết kế thành phần mẫu hình trụ, 2014.
- [24]. K.V. Huân, L. Minh, Đặc điểm môi trường nước chua phèn gây ăn mòn bê tông cốt thép công trình thủy lợi ở đồng bằng sông Cửu long. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường 26 (2009) 29–36.
- [25]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 3015:1993 Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng – Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử, 1993.
- [26]. N.Đ. Khoa, N.V.M. Quỳnh, P.T.K. Anh, Nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ phối trộn nhựa thải PET từ vỏ chai lên đặc tính cơ bản của vật liệu bê tông xây dựng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên 227(08) (2022) 458–466.
- [27]. N.V. Đức, N.V. Phương, Dự báo sự thay đổi độ rỗng của vật liệu bê tông xi măng do ảnh hưởng của quá trình cacbonat hóa. Tạp chí Giao thông Vận tải 11 (2016) 62–66.
- [28]. S. Bahij, S. Omary, V. Steiner, F. Feugeas, M.H. Ibrahimkhil, Effect of non-woven polyethylene terephthalate tissue on fresh and hardened properties of concrete. Mater 15 (2022) 8766.
- [29]. A.I. Al-Hadithi, N.N. Hilal, The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste plastic fibers. J Build Eng 8 (2016) 20–28.
- [30]. sA.A. Mohammed, I.I. Mohammed, Effect of fiber parameters on the strength properties of concrete reinforced with PET waste fibers, Iran J Sci Technol Transport Civ Eng 45 (2021) 1493–1509.