



BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC THƯỜNG NIÊN NĂM 2025

PROCEEDINGS OF THE ANNUAL CONFERENCE OF THUYLOI UNIVERSITY

ISBN: 978-604-82-8713-9



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI, THÁNG 11 - 2025

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ BỀ MẶT ĐẾN SỨC KHÁNG KÉO RỜI SỢI TỔNG HỢP TÁI CHẾ TRONG BÊ TÔNG HẠT MỊN

Trương Văn Đoàn^{1,*}, Đặng Văn Phi², Lê Trung Thành¹

¹Trường Đại học Thủy lợi, *email: doantv@thu.edu.vn

²Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Vật liệu bê tông hạt mịn (BTHM) gia cường sợi tổng hợp đang nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Để chế tạo loại bê tông này, các loại sợi có nguồn gốc từ cacbon, thủy tinh, polyethylene (PE), poly-p-Phenylene-2,6-Benzobisoxazole (PBO), nylon, Polyvinyl Alcohol (PVA), polypropylene (PP) được sử dụng làm chất gia cường dưới dạng lưới sợi hoặc sợi phân tán trong BTHM sử dụng cốt liệu hạt mịn có đường kính lớn nhất khoảng 1 mm [1,2].

Để nâng cao tính chất cơ học của vật liệu bê tông composites, các nhà nghiên cứu thường tập trung vào việc cải thiện tính chất cơ học của vật liệu gia cường, loại bê tông hạt mịn (BTHM), cũng như là cải thiện cường độ dính của vật liệu gia cường và BTHM. Nghiên cứu trước đây [3] cho thấy, các loại vật liệu hạt phụ gia khoáng với kích thước hạt nhỏ như silica fume, silica powder, tro bay làm tăng độ đặc chắc của bê tông, tăng khả năng dính kết với chất gia cường. Mặt khác, vật liệu composites sử dụng chất gia cường có tính chất vật lý càng cao, tính chất cơ học của vật liệu càng tốt [1]. Trong các loại vật liệu sợi tổng hợp, các loại vật liệu có cường độ và mô đun đàn hồi càng cao như cacbon, thủy tinh, hoặc bazan ... có hiệu quả gia cường càng tốt, thì chi phí sản xuất càng tốn kém [1]. Hiện nay, tái chế các vật liệu thải làm chất gia cường trong xây dựng thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học bởi vì tái chế vật liệu thải không những tiết kiệm kinh tế mà còn có tác dụng làm sạch môi trường, đóng góp vào sự phát triển bền vững hệ sinh thái [2]. Qua quá trình sử dụng, chất lượng các loại vật liệu thải bị suy yếu theo thời gian, do vậy việc xử lý bề mặt nâng cao hiệu quả gia cường của chúng là cần thiết để cải thiện tính chất cơ học của sợi [2].

Để xử lý bề mặt sợi, nhiều nghiên cứu đã sử dụng vật liệu gốc hữu cơ và vô cơ. Các vật liệu gốc hữu cơ như keo epoxy, carboxylated styrene butadiene rubber (XSBR) [4,5]. Theo như [4,5], các loại keo có khả năng xuyên sâu vào các sợi nano của bó sợi tổng hợp, và gắn kết các sợi nano lại với nhau tạo thành sợi có độ cứng tổng thể lớn. Tuy nhiên, các loại vật liệu gốc hữu cơ này có đặc điểm kỵ nước, nếu không có các điểm neo thích hợp thì khả năng dính kết của bê tông và sợi bị ảnh hưởng. Roey Nadiv và cộng sự [6] sử dụng microsilica làm vật liệu bao phủ bề mặt sợi. Thông qua phản ứng pozzoland, tạo ra các tinh thể C-S-H trên bề mặt sợi, làm tăng khả năng dính kết sợi và BTHM. Cruz và cộng sự [7] đã xử lý bề mặt sợi thủy tinh bằng silica, và kết luận rằng lớp silica fume giúp tạo ra một bề mặt gồ ghề, cải thiện sự liên kết cơ học giữa sợi và BTHM, do đó cải thiện khả năng chịu kéo của bê tông gia cường sợi. Liang Wen và cộng sự [8] cũng kết luận khả năng gia cường của lưới sợi thủy tinh tăng đáng kể khi được xử lý bề mặt bằng các hợp chất vô cơ $15\text{CaO}.15\text{BaO}.20\text{SiO}_2.50\text{TiO}_2$ và $\text{SiO}_2.\text{ZrO}_2$ dạng gel. Tuy nhiên xử lý bề mặt sợi bằng các hợp chất vô cơ này là rất khó và tốn kém nhiều chi phí.

Hiện nay một số nghiên cứu trong nước đã được thực hiện để nâng cao khả năng liên kết bề mặt sợi trong BTHM. Đặng và cộng sự [9] cho thấy nanosilica làm tăng sự đặc chắc tại vùng chuyển tiếp xung quanh bề mặt sợi thép và bê tông cường độ siêu cao (ultral-high performance concrete) (UHPC), và 1% là hàm lượng nanosilica tối ưu. Nguyễn [10] nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng mịn silicafume, xỉ lò cao chế tạo bê tông chất lượng siêu cao. Với thành phần silicafume 25%, sợi thép 1,5%, bê tông cường độ cao có thể đạt 100 MPa, thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật cho xây dựng công trình giao thông. Trần và cộng sự [11] kết luận rằng, bổ sung nano SiO_2 vào hỗn hợp UHPC

đem lại hiệu quả tốt cho cường độ của bê tông. Mặc dù các công bố trong nước đã cho thấy kết quả tốt về cải thiện tính chất cơ học của vật liệu composites, các nghiên cứu chỉ tập trung vào cải thiện độ đặc chắc khu vực tiếp xúc giữa vật liệu gia cường và BTHM. Hiện nay, nghiên cứu cải thiện tính chất cơ học của vật liệu sợi bằng cách xử lý bề mặt, nhằm nâng cao hiệu quả gia cường trong BTHM đang còn hiếm.

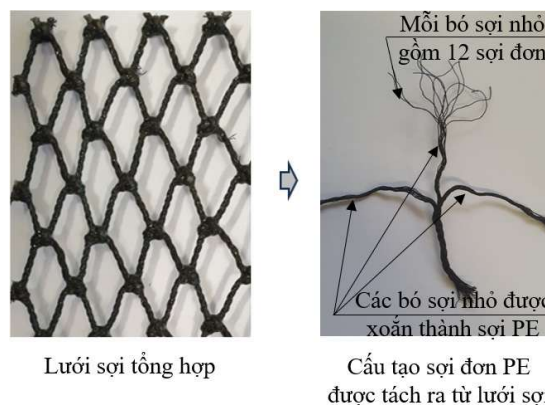
Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các phương pháp xử lý bề mặt sợi tổng hợp đến sức kháng kéo rời sợi. Quan hệ sức kháng kéo rời và độ trượt của sợi sau xử lý bề mặt được nghiên cứu. Sức kháng kéo rời của các sợi xử lý bề mặt các phương pháp khác nhau được so sánh để lựa chọn giải pháp xử lý bề mặt sợi thích hợp.

2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

Chương trình thí nghiệm được thực hiện để nghiên cứu sức kháng kéo rời của sợi Polyethylene (PE) ra khỏi BTHM. Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý bề mặt sợi bao gồm xử lý bề mặt bằng keo epoxy (E), xử lý bề mặt bằng silicafume (S), và không xử lý bề mặt, đến sức kháng kéo rời sợi được đánh giá. Ba tổ hợp mẫu được chuẩn bị, bao gồm tổ hợp PE sử dụng sợi chưa được xử lý bề mặt, tổ hợp PE_E sử dụng sợi được xử lý bề mặt bằng keo epoxy, và tổ hợp PE_S sử dụng sợi được xử lý bề mặt bằng silicafume. Các mẫu sau khi chế tạo sẽ được thực hiện thí nghiệm bằng phương pháp kéo sợi để xác định lực bám dính giữa sợi và BTHM.

2.1. Vật liệu và chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Hình 1 miêu tả sợi tổng hợp Polyethylen (PE) được sử dụng để làm chất gia cường trong BTHM. Các bó sợi đơn được tách ra từ lưới đánh cá tái chế bằng cách mở các nút thắt của lưới. Sau khi tách ra khỏi lưới đánh cá, mỗi dây sợi được xử lý bề mặt trước khi cắt thành từng sợi với chiều dài 30 mm. Nhìn vào hình 1 có thể thấy các bó sợi PE được chế tạo bằng cách xoắn 3 bó sợi nhỏ lại với nhau trong đó mỗi bó sợi nhỏ gồm 12 sợi đơn [12,13]. Cường độ kéo của sợi là 172 MPa trong khi tỷ trọng của sợi là 870 kg/m³ [12,13].



Hình 1. Cấu tạo sợi và lưới sợi

Trước khi xử lý bề mặt sợi, dung dịch keo epoxy và silicafume được chuẩn bị trước, như thể hiện ở hình 2. Theo hướng dẫn của nhà sản xuất, keo epoxy và phụ gia hóa cứng được trộn đều theo tỷ lệ khối lượng keo epoxy/phụ gia hóa cứng là 10/3 để tạo ra dung dịch keo epoxy. Nước và silicafume được trộn đều với tỷ lệ theo khối lượng silicafume/nước là 1/2, để tạo ra dung dịch silicafume. Với tỷ lệ trộn như trên, tính công tác của silicafume được đảm bảo để tăng khả năng xuyên sâu của các hạt silicafume vào kẽ hở giữa các sợi đơn của bó sợi. Sau khi các dung dịch được chuẩn bị xong, đem nhúng các dây sợi trong các dung dịch và trộn đều trong 5 phút. Tiếp theo, lấy các dây sợi ra khỏi dung dịch, sau đó cố định, kéo căng dây sợi trên khung thép, và để khô tự nhiên hoàn toàn trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Cuối cùng các dây sợi được cắt thành các sợi đơn có chiều dài 30 mm. Đường kính trung bình, quan sát dưới kính hiển vi, của sợi PE, PE_E, và PE_S tương ứng là 1.5, 1.58, và 1.77 mm.



(a) Dung dịch keo epoxy (b) Dung dịch silicafume
Hình 2. Dung dịch keo epoxy và silicafume

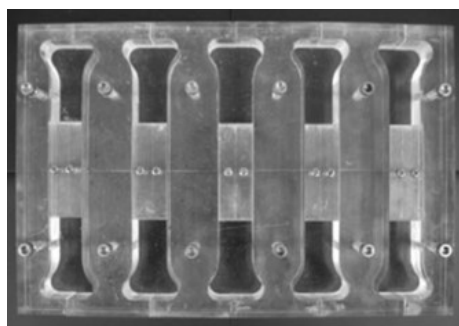
BTHM được chế tạo sử dụng vật liệu thành phần gồm xi măng, cát, nước, phụ gia hóa dẻo với tỷ lệ theo khối lượng như thể hiện ở bảng 1. Nghiên cứu này sử dụng cát có đường kính hạt trung bình là 0.5 mm (dao động từ 0.3 đến 0.7 mm) và xi măng loại 1 với độ mịn 3630 cm²/g, thường được sử

dụng để chế tạo bê tông cường độ cao gia cường sợi tổng hợp trong các nghiên cứu trước đây [2,12,13]. Cường độ nén của BTHM là 71 MPa, được xác định thông qua thí nghiệm nén với mẫu lập phương kích thước $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$, theo tiêu chuẩn ASTM C109/ C109M-2 [14].

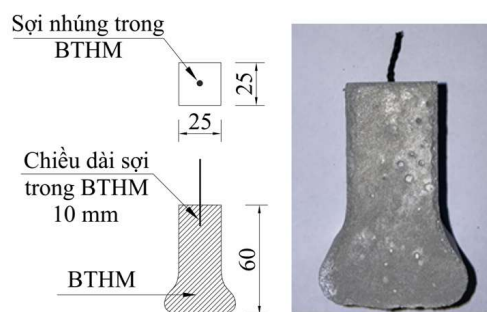
Bảng 1. Tỷ lệ thành phần vật liệu chế tạo BTHM theo khối lượng

Xi măng	cát	Nước	Phụ gia hóa dẻo
1	1.5	0.45	0.0009

Hình 3 miêu tả khuôn đúc và mẫu thí nghiệm. Các mẫu bê tông hình chuông được chế tạo, có mặt cắt với kích thước $25 \times 25 \text{ mm}^2$, chiều cao phần bê tông 60 mm. Sợi được nhúng vào bê tông tại vị trí trung tâm của mặt cắt mẫu. Chiều dài sợi nhúng trong bê tông là 10 mm. Trước khi trộn BTHM để đúc, khuôn đúc và sợi được chuẩn bị. Đầu tiên các bó sợi được kẹp chặt bởi 2 mảnh chêm giữa khuôn. Sau khi các mảnh chêm đặt vào giữa khuôn, khuôn đúc được xiết chặt để cố định chêm và bó sợi.



(a) Khuôn đúc mẫu



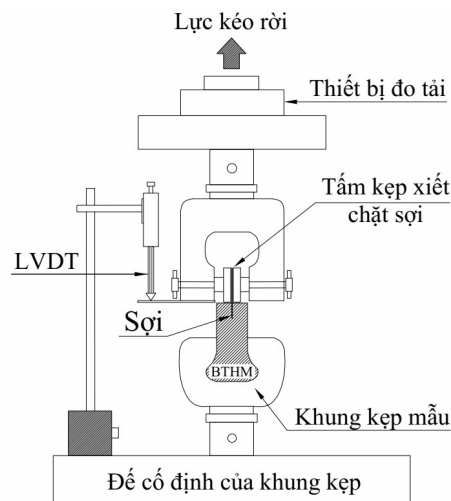
(b) Mẫu thí nghiệm

Hình 3. Khuôn đúc và mẫu thí nghiệm

BTHM được trộn sử dụng thùng trộn 20 lít. Trước tiên, xi măng, cát được trộn khô trong vòng 10 phút [2,12,13]. Sau đó, nước và phụ gia hóa dẻo được chia làm 3 lần đổ và trộn đồng thời vào hỗn hợp [2,12,13]. Hỗn hợp vừa tươi được tiếp tục trộn trong vòng 5-10 phút trước khi kiểm tra tính công tác theo tiêu chuẩn ASTM C 1437-20 [15]. Sau khi hỗn hợp đảm bảo tính công tác, BTHM được đổ đầy vào khuôn. Trong quá trình đúc mẫu, khuôn chứa mẫu được rung nhẹ để BTHM có thể di chuyển và ôm trọn sợi, đồng thời BTHM được làm phẳng bề mặt. Sau khi đúc, mẫu được đặt trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ $20 \pm 2^\circ\text{C}$ trong 24 giờ trước khi tháo mẫu và bảo dưỡng trong nước ở nhiệt độ 20°C trong 28 ngày [2,12,13]. Mỗi tổ hợp bao gồm 5 mẫu được chuẩn bị cho thí nghiệm. Hình 3b miêu tả mẫu trước khi thí nghiệm.

2.2. Thí nghiệm

Hình 4 miêu tả thí nghiệm kéo rời sợi, sử dụng máy kéo rời có công suất 5 kN. Quá trình thí nghiệm được thực hiện theo các nghiên cứu trước đây [9,16] về cường độ liên kết bề mặt sợi và BTHM. Trước khi thực hiện thí nghiệm kéo rời, sợi được kẹp giữa hai tấm kẹp và xiết chặt thủ công. Trước khi xiết chặt hai tấm kẹp, mẫu được đẩy nhẹ lên phía trên, đảm bảo bề mặt bê tông tiếp xúc với hai tấm kẹp. Thiết bị đo chuyển vị (linear variable differential transformer) (LVDT) được gắn lên khung, và tựa lên thanh thép cân bằng với mặt bằng của phần BTHM để đo chuyển vị trượt của sợi. Tải trọng với tốc độ gia tải 1 mm/phút được thiết lập để kéo sợi. Trong suốt quá trình kéo rời sợi, lực kéo được đo bởi thiết bị đo tải (load cell), trong khi đó chuyển vị trượt của sợi ra khỏi mẫu được đo bằng LVDT.

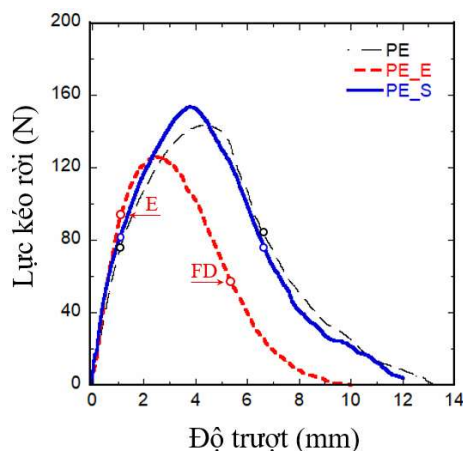


Hình 4. Thí nghiệm kéo rời sợi

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Quan hệ sức kháng kéo rời - độ trượt của sợi

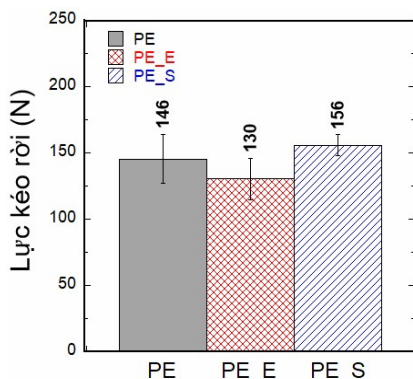
Hình 5 miêu tả quan hệ sức kháng kéo rời và độ trượt của sợi. Mỗi đường cong trung bình ở hình 5 là trung bình kết quả tương đồng của ít nhất 3 mẫu trở lên. Quan hệ sức kháng kéo rời và độ trượt của sợi bao gồm 3 giai đoạn, được phân biệt bởi các điểm E (elastic) và FD (full debonding). Giai đoạn thứ nhất là giai đoạn đàn hồi tuyến tính (linear elastic), từ gốc tọa độ đến điểm E. Trong giai đoạn này, BTHM hoàn toàn bám chặt vào bó sợi. Giai đoạn thứ hai là giai đoạn tách sợi (debonding), được thể hiện ở phần phi tuyến tính trên đường cong quan hệ lực và biến dạng trượt. Trong giai đoạn này, bề mặt sợi bị tách dần ra khỏi BTHM cho đến khi bề mặt sợi bị tách rời hoàn toàn khỏi BTHM tại điểm FD. Giai đoạn thứ ba là giai đoạn kéo trượt (pullout) sợi ra khỏi bề mặt của BTHM, sau khi kết thúc quá trình tách rời. Ma sát giữa bề mặt sợi và BTHM giảm dần, do đó lực kéo rời giảm cho đến khi sợi hoàn toàn bị kéo trượt ra ngoài. Kết quả này là tương đồng với các nghiên cứu trước đó [17–19].



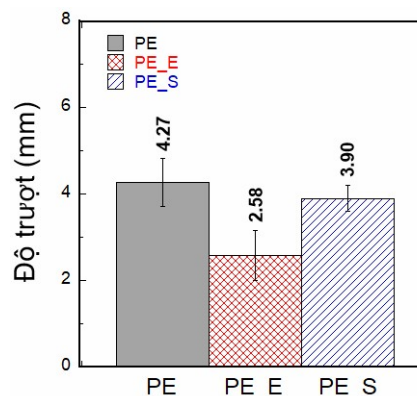
Hình 5. Quan hệ sức kháng kéo rời, độ trượt của các loại sợi

3.2. Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý bề mặt đến sức kháng kéo rời sợi

Hình 6 so sánh sức kháng kéo rời trung bình của các sợi xử lý bề mặt và sợi chưa xử lý. Nhìn vào hình 6 có thể thấy, các phương pháp xử lý bề mặt có ảnh hưởng đến độ dính kết giữa các loại sợi và BTHM. Phương pháp xử lý bề mặt sử dụng silicafume làm tăng 7% lực kéo rời của sợi từ 146 N của PE đến 156 N của PE_S. Lớp silicafume phủ trên bề mặt của sợi là loại phụ gia khoáng siêu mịn, khi trộn vào BTHM thì xảy ra phản ứng hóa học hoạt tính với khoáng vật của đá xi măng, tạo ra các tinh thể rắn chắc, làm tăng độ đặc chắc khu vực chuyển tiếp giữa thành sợi và BTHM, góp phần bám chặt thành sợi [7]. Do đó làm tăng sức kháng kéo rời của sợi PE_S so với PE. Từ kết quả này có thể rút ra rằng, có thể sử dụng biện pháp xử lý bề mặt bằng silicafume để làm tăng cường độ dính giữa sợi tổng hợp và BTHM.



(b) Lực kéo rời



(b) Độ trượt

Hình 6. So sánh sức kháng kéo rời của các sợi xử lý bề mặt và sợi chưa xử lý bề mặt

Ngược lại phương pháp xử lý bề mặt sử dụng keo epoxy làm giảm sức kháng kéo rời của sợi. Nhìn vào hình 6a có thể thấy, lực kéo rời của sợi giảm 10%, từ 146 N của sợi PE xuống còn 130 N của sợi PE_E. Do không cùng thông số kỹ thuật với BTHM, tính kỵ nước và bề mặt trơn nhẵn của keo epoxy làm giảm lực dính bám của sợi với BTHM, do đó giảm sức kháng kéo rời của sợi đơn [7,20].

Mặc dù ảnh hưởng của 2 phương pháp xử lý bề mặt đến sức kháng kéo rời của sợi là trái ngược nhau, cả 2 phương pháp đều làm tăng độ cứng (stiffness) của sợi. Độ dốc của giai đoạn đàn hồi tuyến tính là đại lượng đặc trưng cho độ cứng của vật liệu. Nhìn vào hình 5 có thể thấy rằng, giai đoạn đàn hồi tuyến tính của đường cong lực kéo rời và độ trượt của sợi được xử lý bề mặt là dốc hơn so với sợi bình thường. Trong đó độ dốc của PE_E là lớn hơn nhiều so với PE_S và PE. Bên cạnh đó các phương pháp xử lý bề mặt sợi cũng làm giảm độ trượt của sợi trong BTHM. Nhìn vào hình 6b có thể thấy, độ trượt của sợi giảm từ 4.27 mm của PE xuống 2.58 mm của PE_E và xuống 3.9 mm của PE_S.

Như đã thảo luận ở trên, silicafume làm tăng lực bám giữa bề mặt sợi và BTHM. Nhờ vào lực bám này, quá trình tách rời sợi PE_S ra khỏi BTHM chậm hơn so với sợi PE. Do đó giai đoạn đàn hồi của đường cong quan hệ lực kéo rời và độ trượt của PE_S là dốc hơn so với PE. Đối với tổ hợp mẫu PE_E, keo epoxy xâm nhập vào các khe hở giữa các sợi hạt nhân của bó sợi, gắn kết các sợi hạt nhân này lại thành một sợi đồng nhất, có độ cứng lớn hơn nhiều sau khi keo epoxy khô hoàn toàn. Chất gia cường có độ cứng lớn hơn, mô đun đàn hồi lớn hơn, dẫn đến sức kháng kéo ở giai đoạn đàn hồi tuyến tính lớn hơn [1]. Do vậy giai đoạn đàn hồi của đường cong quan hệ lực kéo rời và độ trượt của PE_E là dốc hơn rất nhiều so với PE_S và PE. Nhìn vào đường cong này cũng có thể thấy rằng, sau khi sợi bị kéo ra khỏi mẫu bê tông, độ trượt lớn nhất của PE_E là 10 mm (bằng chiều dài của sợi nhúng trong BTHM), trong khi đó độ trượt lớn nhất của PE_S và PE khoảng 12 và 13 mm, tương ứng. Điều này chứng tỏ rằng PE_E không bị dẫn ra trong quá trình kéo nhờ tính dính kết của keo epoxy, trong khi đó sợi PE_S và PE đều bị giãn dài so với lúc chưa kéo. Kết quả này cho thấy, đối với các loại sợi có độ cứng thấp, có thể cải thiện bằng cách sử dụng keo epoxy để xử lý bề mặt.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này nghiên cứu sức kháng kéo rời của sợi tổng hợp tái chế PE trong ra khỏi BTHM. Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý bề mặt đến sức kháng kéo rời sợi cũng được thực hiện. Một số kết luận sau có thể được rút ra từ kết quả thí nghiệm:

- Đường cong sức kháng kéo rời và độ trượt của sợi tổng hợp trong BTHM bao gồm 3 giai đoạn: giai đoạn đàn hồi tuyến tính, giai đoạn tách rời, và giai đoạn kéo trượt.
- Phương pháp xử lý bề mặt bằng silicafume làm tăng 7% sức kháng kéo rời của sợi tổng hợp ra khỏi BTHM.
- Phương pháp xử lý bề mặt bằng keo epoxy cải thiện độ cứng của sợi mặc dù làm giảm 10% lực dính giữa sợi tổng hợp và BTHM.

Mặc dù ảnh hưởng đến các phương pháp xử lý bề mặt của sợi đến sức kháng kéo rời của sợi đơn được làm rõ. Tuy nhiên ảnh hưởng của các phương pháp này đến các đặc trưng cơ lý của lưới sợi kết từ các sợi đơn, và tính chất cơ học của bê tông gia cường lưới sợi còn chưa được làm rõ. Các vấn đề này sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

5. LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Thủy lợi và đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở năm 2025. Tên đề tài: “Ảnh hưởng của một số phương pháp xử lý bề mặt sợi tổng hợp đến sức kháng cơ học của bê tông hạt mịn gia cường sợi”.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Peled, B. Mobasher, A. Bentur, Textile reinforced concrete, Modern Con, Taylor & Francis Group, LLC, 2017. <https://doi.org/10.1201/9781315119151>.
- [2] V.D. Truong, M.O. Kim, D.J. Kim, Feasibility study on use of waste fishing nets as continuous reinforcements in cement-based matrix, Constr. Build. Mater. 269 (2021) 121314. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121314>.
- [3] M. Butler, V. Mechtcherine, S. Hempel, Durability of textile reinforced concrete made with AR glass fibre: Effect of the matrix composition, Mater. Struct. Constr. 43 (2010) 1351–1368. <https://doi.org/10.1617/s11527-010-9586-8>.
- [4] J. Donnini, V. Corinaldesi, A. Nanni, Mechanical properties of FRCM using carbon fabrics with different coating treatments, Compos. Part B 88 (2016) 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.11.012>.
- [5] T. Quadflieg, S. Leimbrink, T. Gries, O. Stolyarov, Effect of coating type on the mechanical performance of warp-knitted fabrics and cement-based composites, J. Compos. Mater. 52 (2018) 2563–2576. <https://doi.org/10.1177/0021998317750003>.
- [6] R. Nadiv, A. Peled, V. Mechtcherine, S. Hempel, C. Schroefl, Micro- and nanoparticle mineral coating for enhanced properties of carbon multifilament yarn cement-based composites, Compos. Part B 111 (2017) 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.12.005>.
- [7] C.M. Cruz, U. Gohil, T. Quadflieg, M. Raupach, T. Gries, Improving the bond behavior of textile reinforcement and mortar through surface modification, in: Proc. 11th Int. Symp. Ferrocem. 3rd ICTRC, 2015: pp. 215–223.
- [8] W. Liang, J. Cheng, Y. Hu, Chemical interactions between cement and E-glass fibers with a CaO-BaO-SiO₂-TiO₂ coating, J. Am. Ceram. Soc. 88 (2005) 3507–3508. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2005.00619.x>.
- [9] V.P. Đăng, V.L. Tăng, H.V. Lê, A.T. Đàm, T.T. Hồng, N.T. Vũ, Ảnh hưởng của nanosilica đến cường độ liên kết bề mặt cốt sợi thép trong bê tông cường độ siêu cao, Tạp Chí Vật Liệu và Xây Dựng 14 (2024) 5–11.
- [10] Q.P. Nguyễn, Sử dụng cốt sợi thép và phụ gia khoáng siêu mịn để chế tạo bê tông chất lượng siêu cao, Khoa Học Kỹ Thuật và Thủy Lợi Môi Trường 69 (2020) 29–35.
- [11] B.V. Trần, D.H. Nguyễn, T.H. Lương, H.S. Lê, H.D. Đỗ, Ảnh hưởng của nano silica đến tính chất của bê tông siêu tính năng UHPC, Tạp Chí Xây Dựng (2022) 96–100.
- [12] V.D. Truong, H.W. Noh, J.K. Park, T.H. Han, D.J. Kim, Pullout resistance of waste fishing net embedded in the interface between concrete and fibrous mortar matrix: Test method and experimental investigation, Constr. Build. Mater. 418 (2024) 135397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135397>.
- [13] V.D. Truong, S.Y. Lee, J.K. Park, T.H. Han, D.J. Kim, Feasibility of hybrid waste fishing net textile and fiber reinforced cementitious composites in strengthening concrete and retrofitting damaged concrete, J. Build. Eng. 74 (2023) 106926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106926>.
- [14] ASTM C109/ C109M-20, Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50-mm] cube specimens), 2020.
- [15] ASTM C 1437-20, Standard test method for flow of hydraulic cement mortar, 2020.
- [16] S.H. Kang, J.J. Kim, D.J. Kim, Y.S. Chung, Effect of sand grain size and sand-to-cement ratio on the interfacial bond strength of steel fibers embedded in mortars, Constr. Build. Mater. 47 (2013) 1421–1430. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.064>.
- [17] M. Zhu, J.H. Zhu, T. Ueda, K. Matsumoto, M. Su, Bond behavior of carbon fabric reinforced cementitious matrix (FRCM) composites considering matrix impregnation, Compos. Struct. 262 (2021) 113350. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.113350>.
- [18] J.K. Park, M.O. Kim, D.J. Kim, Pullout behavior of recycled waste fishing net fibers embedded in cement mortar, Materials (Basel). 13 (2020) 4195. <https://doi.org/10.3390/MA13184195>.
- [19] H. Aljewifi, B. Fiorio, J. . Gallias, Pull-out behaviour of a glass multi-filaments yarn embedded in a cementitious matrix, (2010). <https://doi.org/10.1201/b10546-10>.
- [20] J. Wagner, M. Curbach, Bond fatigue of TRC with epoxy impregnated carbon textiles, Appl. Sci. 9 (2019) 1–21.