

# Nghiên cứu ảnh hưởng của sợi tự nhiên trong bê tông NFRC tại Việt Nam

Study on the effect of natural fibers in NFRC concrete in Vietnam

> NGUYỄN THẾ ANH

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM

Email: Ntanh@hcmute.edu.vn

## TÓM TẮT

Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của sợi tự nhiên tới các đặc tính cơ lý của bê tông NFRC (Natural fiber reinforcement concrete). Hai loại sợi được sử dụng trong nghiên cứu này là sợi lanh đặc trưng của vùng núi phía bắc và sợi xơ dừa đặc trưng cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Các thí nghiệm nén, uốn 4 điểm được thực hiện với các mẫu bê tông M100 và M300 có hàm lượng, hình thái của sợi khác nhau. Kết quả cho thấy cường độ nén  $R_n$  và cường độ kéo do uốn  $R_{ku}$  của bê tông phụ thuộc nhiều vào đặc tính, hàm lượng và cách thức xử lý của sợi. Đối với bê tông M100, sợi tự nhiên làm tăng cường độ nén và cường độ kéo do uốn so với mẫu nền. Đối với bê tông M300 các loại sợi thêm vào đều làm giảm cường độ nén và tăng cường độ kéo do uốn so với mẫu nền; hàm lượng sợi tối ưu trong khoảng 4% nhưng sợi lanh cho kết quả tốt hơn sợi xơ dừa cùng loại về cường độ kéo do uốn.

**Từ khóa:** Bê tông sợi tự nhiên; cường độ; thí nghiệm nén; uốn; xơ dừa; lanh.

## ABSTRACT

This paper focus on the effect of natural fibers on the physical and mechanical properties of NFRC (Natural fiber reinforcement concrete). The study considered two types of fibers: flax fibers characteristic of the northern mountainous region of Vietnam and coconut fibers characteristic of the Mekong Delta region. The compression and 4-point bending experiments were performed with M100 and M300 concrete samples with different fiber content and morphology. The results showed that the compressive strength  $R_n$  and bending strength  $R_{ku}$  depend heavily on the characteristics, content fraction and processing method of fibers. For M100 concrete, natural fibers increase compressive strength and bending tensile strength compared to initial samples. For M300 concrete, all types of fibers reduce compressive strength and increase bending tensile strength compared to initial samples; the optimal fiber content is around 4%, but flax fibers give better results than coconut fibers of the same type in terms of bending strength.

**Keywords:** NFRC; flax; coconut fiber; compressive strength; bending strength.

## 1. GIỚI THIỆU

Những năm gần đây, bê tông là loại vật liệu chủ yếu của ngành Xây dựng trên thế giới cũng như tại Việt Nam, theo báo cáo của hiệp hội bê tông châu Á vào năm 2016, 35 tỷ tấn bê tông được sản xuất trên toàn cầu mỗi năm. Các tác động về môi trường gây ra bởi quá trình sản xuất các vật liệu thành phần của bê tông như xi măng, thép đang được cảnh báo trên diện rộng, dẫn tới các nghiên cứu hướng đến thay thế các vật liệu truyền thống này ngày càng được quan tâm. Trong đó, việc xem xét sử dụng các loại sợi tự nhiên như một giải pháp để thay thế sợi thép truyền thống trong bê tông đang là xu hướng được chú ý, đặc biệt tại các nước có điều kiện tự nhiên phù hợp với nhiều loại sợi như Việt Nam.

Nhiều loại sợi phổ biến như lanh [1-4], sisal [5,6], xơ dừa [6], có [7] đã được ứng dụng trong một số nghiên cứu và kết quả chỉ ra rằng sự hiện diện của sợi tự nhiên trong bê tông có thể cải thiện các đặc tính cơ lý bê tông. Ngoài ra, [2] cũng chỉ ra rằng đem lại lợi ích rõ ràng về mặt kinh tế và môi trường khi so với các loại sợi gia cường công nghiệp như sợi thép hay thủy tinh.

Trong thực tế, [8] đã kết luận rằng vì thành phần chính của sợi tự nhiên là xenlulo và nó thay đổi phụ thuộc hoàn cảnh phát triển của thực vật, do đó, nguồn gốc, khối lượng và hình thái của sợi tự nhiên rất quan trọng, chúng có thể ảnh hưởng đến các tính chất cơ học của bê tông sử dụng loại sợi tự nhiên đó. Ngoài ra, việc ức chế quá trình hydrat hóa xi măng của sợi tự nhiên cũng được đánh giá trong [6,9,10], kết quả chỉ ra rằng nếu không xét đến ảnh hưởng của phụ gia, cường độ nén của mẫu đều bị giảm xuống với các mẫu có cường độ cao.

Tuy nhiên, [4] chỉ ra rằng so với mẫu nền, tổng diện tích các vết nứt đã giảm 95% trong 24 giờ, chiều rộng vết nứt lớn nhất giảm 90% khi chỉ thêm 1% hàm lượng sợi; điều này cho thấy rõ sợi tự nhiên có tác dụng hạn chế bề rộng vết nứt của bê tông. Hơn nữa, nghiên cứu này còn thực hiện nhiều thí nghiệm khác nhau để kết luận sự cải thiện này chỉ phụ thuộc vào hàm lượng của sợi chứ không phụ thuộc vào hình thái sợi khi bề rộng vết nứt không thay đổi chiều với chiều dài, đường kính sợi khác nhau.

Hiện nay, với thực trạng tài nguyên thiên nhiên ngày càng khan hiếm, cạn kiệt, môi trường bị ảnh hưởng bởi quá trình sản xuất công nghiệp một cách nặng nề thì việc sử dụng các loại vật liệu thân thiện với môi trường là xu hướng tất yếu. Do đó, việc nghiên cứu loại bê tông cốt sợi tự nhiên là một nguồn nguyên liệu tái tạo dồi dào, hạn chế được các nhược điểm vốn có của bê tông truyền thống là rất cần thiết. Trong bài báo này, tác giả hướng đến khả năng sử dụng các loại sợi tự nhiên phổ biến, dễ dàng tìm kiếm ở Việt Nam như sợi xơ dừa ở các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long và sợi lanh ở vùng núi phía Bắc để thay thế cốt thép cho các loại bê tông không yêu cầu cao về cường độ. Nghiên cứu tập trung ảnh hưởng và vai trò của 2 loại sợi này đối với các đặc tính cơ học của bê tông. Các thí nghiệm với các thông số khác nhau liên quan đến sợi như hình thái, hàm lượng, cấp phối mẫu... được thực hiện để phân tích ảnh hưởng của chúng đến khả năng làm việc, cường độ nén và và kéo do nén của “bê tông sợi tự nhiên”.

## 2. NGUYÊN LIỆU

### 2.1. Các loại sợi tự nhiên

Tại các tỉnh khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, dừa là loại thực vật rất phổ biến do đó sợi xơ dừa có thể dễ dàng tìm kiếm và có sẵn tại bất cứ thời điểm nào quanh năm. Trong bài báo này, để xem xét ảnh hưởng của sợi xenlulozo tới quá trình hydrat hóa của xi măng, sợi xơ dừa chưa được xử lý hóa chất và đã được xử lý bởi NaOH 5% sẽ được sử dụng. Các bước xử lý sợi xơ dừa, tách bóc ra từng sợi riêng bằng máy đập tước liên hoàn đã được trình bày trong [11] như sau: Bước 1: loại bỏ phần mùn còn bám lại trên sợi, ngâm nước sạch 24h; Bước 2: đem phơi khô tự nhiên trong 5 ngày; Bước 3: Ngâm trong NaOH trong 6 giờ; Bước 4: Rửa sạch sợi; Bước 5: Phơi khô lại sợi.

Sợi lanh có giá trị kinh tế cao, ứng dụng nhiều trong lĩnh vực dệt may, gắn liền với cuộc sống người dân tộc Mông và chỉ phù hợp với điều kiện khí hậu lạnh nên ở Việt Nam thường gặp ở khu vực đồi núi phía Bắc. Ngoài ra, cây lanh trồng và thu hoạch trong vòng 70 ngày trong giai đoạn đầu năm và không có sẵn trong suốt thời gian trong năm. Do đó, việc thu thập và sử dụng sợi lanh trong bê tông khó khăn hơn so với xơ dừa vì điều kiện giá thành và

Bảng 1. Thành phần cấp phối mẫu trong nghiên cứu.

Mẫu				Cát	Xi măng	Nước	Sợi
Xơ dừa chưa xử lý (OD)	Lanh chưa xử lý (OL)	Xơ dừa đã xử lý (OD)	Lanh đã xử lý (OL)	lít	kg	lít	kg
M100 – sợi 1cm							
ODA-1-0	OLA-1-0	DA-1-0	LA-1-0	1090	297	260	0
ODA-1-2	OLA-1-2	DA-1-2	LA-1-2	1090	297	260	5.94
ODA-1-4	OLA-1-4	DA-1-4	LA-1-4	1090	297	260	11.88
ODA-1-6	OLA-1-6	DA-1-6	LA-1-6	1090	297	260	17.82
ODA-1-8	OLA-1-8	DA-1-8	LA-1-8	1090	297	260	23.76
ODA-1-10	OLA-1-10	DA-1-10	LA-1-10	1090	297	260	29.7
M100 – sợi 2cm							
ODA-2-2	OLA-2-2	DA-2-2	LA-2-2	1090	297	260	5.94
ODA-2-4	OLA-2-4	DA-2-4	LA-2-4	1090	297	260	11.88
ODA-2-6	OLA-2-6	DA-2-6	LA-2-6	1090	297	260	17.82
ODA-2-8	OLA-2-8	DA-2-8	LA-2-8	1090	297	260	23.76
ODA-2-10	OLA-2-10	DA-2-10	LA-2-10	1090	297	260	29.7
M300 – sợi 1cm							
ODB-1-1	OLB-1-1	DB-1-1	LB-1-1	1080	450	225	4.5
ODB-1-2	OLB-1-2	DB-1-2	LB-1-2	1080	450	225	9.0
ODB-1-3	OLB-1-3	DB-1-3	LB-1-3	1080	450	225	13.5
ODB-1-4	OLB-1-4	DB-1-4	LB-1-4	1080	450	225	18

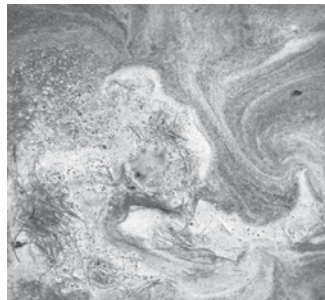
độ phổ biến của nó [4,5]. Sợi lanh trong nghiên cứu được xử lý qua các bước: tước hết lá, phơi khô, phơi ẩm (sương), giã đập, tước sợi.



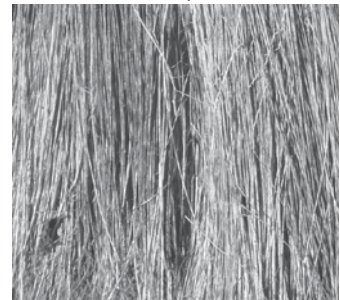
a. Máy đập liên hoàn



b. Sợi xơ dừa phơi khô



c. Sợi xơ dừa xử lý NaOH



d. Sợi lanh

Hình 1. Sợi xơ dừa và sợi lanh.

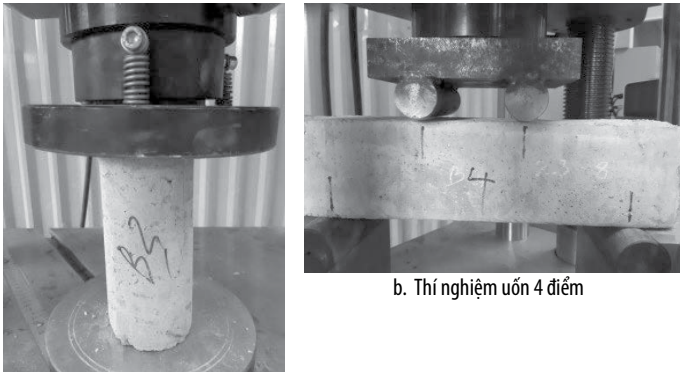
### 2.2. Cấp phối

Dựa vào kết quả của [3,9,10] nghiên cứu này tác giả sử dụng 2 loại cấp phối M100 và M300. Ngoài ra, 8 hình thái và cách thức xử lý khác nhau của sợi lanh và sợi xơ dừa cũng được xem xét để đánh giá ảnh hưởng của chúng tới bê tông NFRC, bao gồm: Sợi xơ dừa/lanh không qua xử lý dài 1cm và dài 2cm tương ứng với các mẫu kí hiệu OD, OL; Sợi xơ dừa đã xử lý bằng NaOH nồng độ 5% dài 1cm và 2cm [12] tương ứng với kí hiệu D, L. Với mỗi loại sợi, cấp phối M100 (kí hiệu A), sử dụng tỷ lệ sợi gồm 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% khối lượng xi măng và các cấp phối M300 (kí hiệu B) sẽ sử dụng tỷ lệ 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%. Cấp phối cụ thể được cho trong Bảng 2; ví dụ mẫu ODA-1-8 là mẫu xơ dừa M100, chưa xử lý, sợi dài 1cm và hàm lượng sợi  $\gamma = 8\%$ .

ODB-1-5	OLB-1-5	DB-1-5	LB-1-5	1080	450	225	22.5
M300 – sợi 2cm							
ODB-1-1	OLB-1-1	DB-1-1	LB-1-1	1080	450	225	4.5
ODB-1-2	OLB-1-2	DB-1-2	LB-1-2	1080	450	225	9.0
ODB-1-3	OLB-1-3	DB-1-3	LB-1-3	1080	450	225	13.5
ODB-1-4	OLB-1-4	DB-1-4	LB-1-4	1080	450	225	18
ODB-1-5	OLB-1-5	DB-1-5	LB-1-5	1080	450	225	22.5

**3. CÁC THÍ NGHIỆM**

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm nén và uốn 4 điểm được sử dụng để xác định cường độ nén  $R_n$  và kéo do uốn  $R_{ku}$  của mẫu thử. Các quy trình đúc mẫu, dưỡng mẫu và thí nghiệm được thực hiện tuân theo các tiêu chuẩn TCVN 10303:2014, TCVN 3118:1993 và TCVN 3119:1993.



a. Thí nghiệm nén mẫu

b. Thí nghiệm uốn 4 điểm

**Hình 2.** Các phương pháp thí nghiệm xác định cường độ.

**4. KẾT QUẢ**

**4.1. Ảnh hưởng của sợi tự nhiên tới khả năng chịu nén của bê tông.**

**4.1.1. Mẫu bê tông M100**

Các mẫu thí nghiệm được bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn và được thí nghiệm nén tại các độ tuổi 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày nhằm xác định ảnh hưởng của sợi tự nhiên tới sự phát triển cường độ của bê tông theo ngày tuổi.

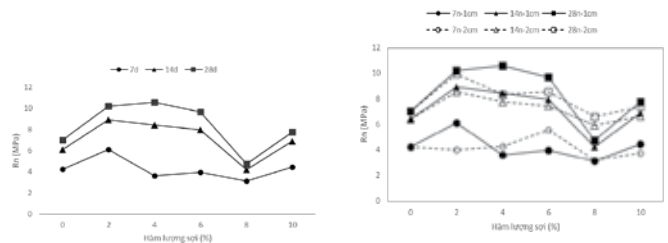
Từ các kết quả cường độ nén  $R_n$  với mẫu xơ dừa M100 chưa xử lý trình bày trong Bảng 2, chúng ta có thể thấy  $R_n$  của bê tông sợi cũng phát triển theo số ngày tuổi của mẫu giống bê tông truyền thống, cường độ tăng từ 7, 14 đến 28 ngày. Giá trị  $R_n$  tại 28 ngày tuổi tăng từ 52% đến 193% so với 7 ngày đối với sợi xơ dừa dài 1cm và tương ứng từ 54% đến 148% đối với sợi 2cm như so sánh trong Hình 3. Kết quả này cũng đồng nhất với sợi xơ dừa đã qua xử lý NaOH ở Bảng 3 và phù hợp với những nghiên cứu trước đó [3,11] rằng sợi tự nhiên ảnh hưởng tới quá trình hydrat hóa của xi măng nhưng vẫn cho phép cường độ mẫu phát triển theo ngày tuổi.

Bảng 2: Cường độ nén (MPa) theo ngày tuổi mẫu BT M100 sợi xơ dừa chưa xử lý (ODA).

Ngày tuổi	Mẫu 1cm					
	ODA-1-0	ODA-1-2	ODA-1-4	ODA-1-6	ODA-1-8	ODA-1-10
7	4.251	6.116	3.612	3.965	3.119	4.468
14	6.102	8.923	8.432	7.985	4.226	6.921
28	7.028	10.206	10.571	9.684	4.749	7.772
Ngày tuổi	Mẫu 2cm					
	ODA-2-0	ODA-2-2	ODA-2-4	ODA-2-6	ODA-2-8	ODA-2-10
7	4.251	4.012	4.279	5.555	3.22	3.763
14	6.275	8.546	7.783	7.432	5.942	6.651
28	7.028	9.939	8.34	8.544	6.586	7.358

**Bảng 3:** Cường độ nén (Mpa) theo ngày tuổi mẫu BTM100 sợi xơ dừa đã xử lý (DA).

Ngày tuổi	Mẫu 1cm					
	DA-1-0	DA-1-2	DA-1-4	DA-1-6	DA-1-8	DA-1-10
7	4.251	2.546	3.388	3.570	2.904	2.223
14	6.411	5.371	4.961	6.927	4.191	3.011
28	7.028	6.692	6.053	7.372	4.945	3.879
Ngày tuổi	Mẫu 2cm					
	DA-2-0	DA-2-2	DA-2-4	DA-2-6	DA-2-8	DA-2-10
7	4.251	4.707	4.524	6.116	3.037	3.015
14	6.411	5.825	7.894	9.500	6.636	4.931
28	7.028	5.759	7.828	11.111	7.407	4.707

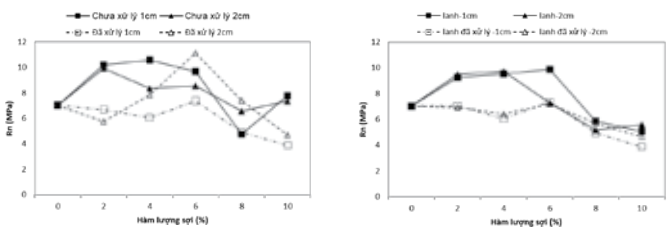


a. Sợi 1cm

b. Sợi 2cm

**Hình 3.** Sự phát triển cường độ nén của mẫu M100 với sợi xơ dừa chưa xử lý.

Ảnh hưởng của phương pháp xử lý sợi tới cường độ Bê tông M100 cũng được xét đến và thể hiện qua Hình 4.a. Kết quả tại 28 ngày chỉ ra rằng  $R_n$  của mẫu 1cm với sợi chưa xử lý lớn hơn mẫu đã xử lý nhưng mẫu 2cm đã xử lý có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn tùy thuộc vào hàm lượng sợi. Do đó, với BT M100, chúng ta có thể nhận xét rằng việc xử lý sợi không ảnh hưởng nhiều đến cường độ nén  $R_n$ . Nhận xét này cũng tương tự với ảnh hưởng của chiều dài của sợi tới  $R_n$  của mẫu, kết quả trong Hình 4 khi so sánh các mẫu chiều dài 1cm và 2cm cho thấy chiều dài không làm cho  $R_n$  có sự thay đổi rõ rệt và chúng ta không thể kết luận độ dài nào cho  $R_n$  tốt hơn. Theo [12] nguyên nhân có thể là do đường kính lớn nhất của sợi nhỏ hơn nhiều so với chiều dài sợi.



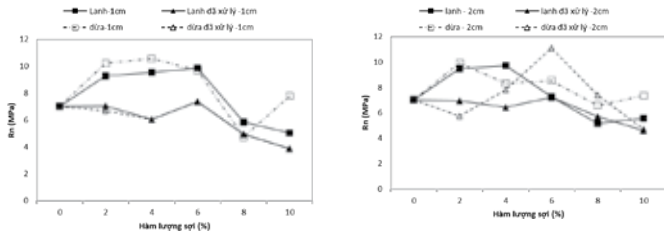
a.  $R_n$  sợi xơ dừa 28 ngày

b.  $R_n$  sợi lạnh 28 ngày

**Hình 4.** Ảnh hưởng của độ dài và hàm lượng sợi tới cường độ nén 28 ngày các mẫu lạnh và xơ dừa.

[1-9] đã chỉ ra rằng hàm lượng sợi tự nhiên có ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông NFRC và điều này cũng được thể hiện rõ với sợi xơ dừa và sợi lạnh như trong Hình 4. Thực tế cho thấy với một hàm lượng bé (2%), sợi tự nhiên sẽ làm tăng cường độ nén của mẫu BT M100 nhưng khi hàm lượng lớn ( $\gamma > 6\%$ ) thì sẽ làm giảm  $R_n$  của BT. Điều này là do khi  $\gamma$  bé, sợi tự nhiên sẽ đóng vai trò cốt liệu,

tăng sự liên kết với xi măng và cát nhưng khi  $\gamma$  quá lớn, các sợi sẽ tiếp xúc nhau nhiều hơn làm giảm sự liên kết trong mẫu dẫn tới cường độ giảm. Thực tế cho thấy, khi  $\gamma$  tăng từ 2% lên 6%, so với mẫu nền, cường độ nén trong mẫu tăng 58.1% và 38.6% tương ứng với mẫu xơ dừa và lanh; tuy nhiên, khi  $\gamma$  vượt quá 6% thì cường độ sẽ giảm nhanh. Do đó, từ Hình 4 có thể chỉ ra rằng hàm lượng sợi từ 4-6% sẽ tối ưu cho  $R_n$  trong mẫu BT M100.



a. Sợi 1cm. b. Sợi 2cm

**Hình 5.** So sánh cường độ nén 28 ngày các mẫu lanh và xơ dừa M100.

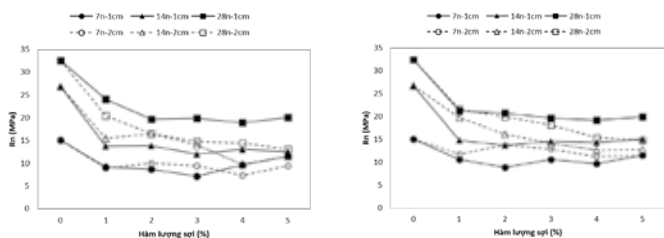
Hình 5 so sánh các mẫu M100 với sợi xơ dừa (ODA, DA) và sợi lanh (OLA, LA) để xem xét ảnh hưởng của loại sợi tới cường độ bê tông NFRC. Có thể thấy rằng, kết quả thay đổi phụ thuộc vào hàm lượng sợi, nhưng tại  $\gamma$  tối ưu 6%, xơ dừa cho kết quả cao hơn 53.9% sợi lanh cùng chiều dài 2cm.

4.1.2. Mẫu Bê tông M300

Tương tự như mẫu M100, sợi tự nhiên không làm ảnh hưởng tới sự phát triển cường độ theo các độ tuổi 7, 14 và 28 ngày ở mẫu M300, kết luận này không phụ thuộc vào hình thái cũng như phương pháp xử lý sợi, điều này được thể hiện qua Bảng 4 và Hình 6 ở phía dưới.

Bảng 4: Cường độ nén (Mpa) của mẫu M300 với sợi xơ dừa chưa xử lý (ODB).

Hàm lượng sợi $\gamma$ (%)	0	1	2	3	4	5	
Ngày tuổi	Sợi 1cm						
	ODB-1-0	ODB-1-1	ODB-1-2	ODB-1-3	ODB-1-4	ODB-1-5	
	7	15.13	9.149	8.717	7.211	9.658	11.58
	14	26.831	13.769	13.888	12.023	13.082	12.5
	28	32.57	24.099	19.703	19.879	18.96	20.06
	Ngày tuổi	Sợi 2cm					
		ODB-2-0	ODB-2-1	ODB-2-2	ODB-2-3	ODB-2-4	ODB-2-5
7		15.13	9.027	10.066	9.49	7.4	9.483
14		26.831	15.484	16.526	14.05	9.72	11.55
28		32.57	20.426	16.514	14.82	14.394	13.08



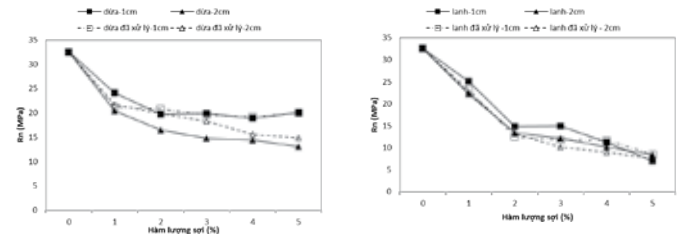
a. Sợi chưa xử lý. b. Sợi đã xử lý

**Hình 6.** So sánh  $R_n$  của mẫu xơ dừa M300 dài 1cm và 2cm theo các ngày tuổi.

Hình 7 cho thấy ảnh hưởng của chiều dài sợi tới với cường độ  $R_n$  được thể hiện rõ ràng hơn ở mẫu M300, sợi dài hơn sẽ làm giảm cường độ của mẫu, cụ thể mẫu xơ dừa 1cm có cường độ cao hơn 17.98% đến 34.2% so với mẫu 2cm và sự chênh lệch này ở sợi lanh là 10.24% đến 24.5%.

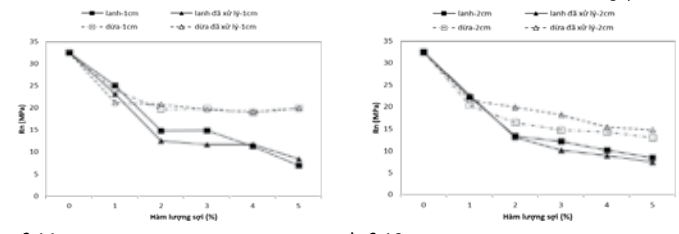
Hình 8 so sánh ảnh hưởng của loại sợi tới cường độ nén mẫu bê tông M300 ở 28 ngày tuổi. Kết quả cho thấy khi  $\gamma$  vượt qua 1%,

sợi xơ dừa cho cường độ nén tốt hơn 32.67% so với sợi lanh và chênh lệch này càng nhiều khi  $\gamma$  tăng. Kết luận này phù hợp với sợi 2cm (Hình 8.b), sợi xơ dừa cho  $R_n$  lớn hơn 65% đến 138% so với sợi lanh khi  $\gamma$  tăng từ 2% đến 5%. Rõ ràng, với mẫu mác cao M300, sợi xơ dừa cho cường độ nén tốt hơn sợi lanh và không phụ thuộc vào chiều dài hay phương pháp xử lý sợi, kết luận này hoàn toàn phù hợp với [11] và có thể giải thích bởi sợi lanh có tính co giãn hơn sợi xơ dừa [6, 8].



a. Sợi xơ dừa b. Sợi lanh

**Hình 7.** So sánh  $R_n$  của mẫu xơ dừa và sợi lanh M300 dài 1cm và 2cm tại 28 ngày tuổi.



a. Sợi 1cm b. Sợi 2cm

**Hình 8.** So sánh  $R_n$  các mẫu M300 28 ngày tuổi sử dụng sợi lanh và xơ dừa.

4.2. Ảnh hưởng của sợi tự nhiên tới khả năng chịu uốn của bê tông.

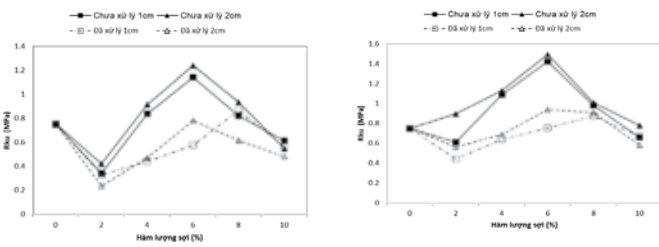
Ở mục này, các mẫu có kích thước 100 x 100 x 400 mm được thí nghiệm uốn 4 điểm để xem xét ảnh hưởng của sợi tự nhiên tới cường độ kéo do uốn  $R_{ku}$  của bê tông NFRC với 2 cấp phối tương ứng M100 và M300.

Cường độ kéo do uốn tại 28 ngày tuổi của mẫu M100 sử dụng sợi xơ dừa được tổng hợp trong Bảng 5 cho thấy sợi xơ dừa có tác dụng làm tăng khả năng chịu uốn của bê tông NFRC khi  $R_{ku}$  của mẫu tăng 52.13% so với mẫu nền khi sợi dài 1cm và 65.63% khi sợi dài 2cm. Điều này là do sợi có khả năng chịu kéo nên giúp gia tăng  $R_{ku}$  của mẫu và cũng giải thích vì sao độ dài sợi có ảnh hưởng tới khả năng gia cường mẫu khi sợi 2cm cho  $R_{ku}$  tốt hơn sợi 1cm như trong Hình 9.a.

So sánh trong Hình 9 chỉ ra rằng phương pháp xử lý sợi có ảnh hưởng tới khả năng chịu uốn của BT khi các mẫu sợi chưa xử lý đều cho  $R_{ku}$  cao hơn các mẫu đã xử lý. Nguyên nhân là do sau khi xử lý NaOH, các sợi tự nhiên bị giảm tính dai và giảm khả năng chịu kéo của mình làm cho mẫu đã xử lý có  $R_{ku}$  thấp hơn.

Bảng 5: Cường độ kéo do uốn 28 ngày  $R_{ku}$  (Mpa) của BT M100 sợi xơ dừa.

Hàm lượng sợi $\gamma$ (%)	0	2	4	6	8	10
Sợi chưa xử lý NaOH						
1 cm	ODA-1-0	ODA-1-2	ODA-1-4	ODA-1-6	ODA-1-8	ODA-1-10
	0.752	0.342	0.842	1.144	0.824	0.612
2 cm	ODA-2-0	ODA-2-2	ODA-2-4	ODA-2-6	ODA-2-8	ODA-2-10
	0.752	0.422	0.918	1.246	0.938	0.55
Sợi đã xử lý NaOH						
1 cm	DA-1-0	DA-1-2	DA-1-4	DA-1-6	DA-1-8	DA-1-10
	0.752	0.33	0.443	0.577	0.866	0.566
2 cm	DA-2-0	DA-2-2	DA-2-4	DA-2-6	DA-2-8	DA-2-10
	0.752	0.237	0.474	0.783	0.618	0.483



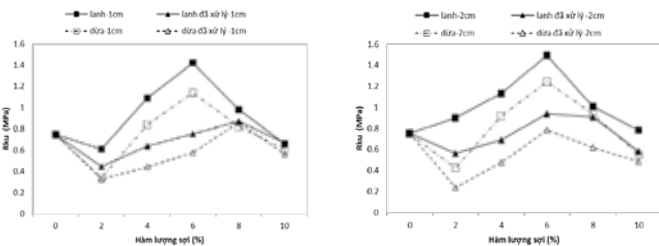
a. Sợi xơ dừa

b. Sợi lanh

**Hình 9.** So sánh  $R_{ku}$  28 ngày tuổi các mẫu M100 với chiều dài và phương pháp xử lý sợi khác nhau.

Các thí nghiệm được thực hiện tương tự với mẫu sợi lanh M100 và được so sánh trong Hình 9.b, chúng ta dễ dàng nhận thấy các ảnh hưởng của sợi lanh tới  $R_{ku}$  của mẫu hoàn toàn tương đồng với xơ dừa ở Hình 9.a.

So sánh  $R_{ku}$  tại 28 ngày tuổi của các mẫu M100 thể hiện ở Hình 10 cho thấy sợi lanh có tác dụng gia cường khả năng chịu uốn của mẫu tốt hơn sợi xơ dừa, khi  $\gamma = 6\%$ , sợi lanh cho  $R_{ku}$  lớn hơn xơ dừa 24.48% khi sợi dài 1cm (Hình 10.a) và 20.03% khi sợi dài 2cm (Hình 10.b). Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đó khi [3,6,8] đã chỉ ra rằng cường độ chịu kéo sợi đơn của lanh tốt hơn sợi xơ dừa. Ngoài ra, dựa vào sự phụ thuộc của  $R_{ku}$  vào hàm lượng sợi thể hiện ở Hình 10, có thể kết luận rằng 4-6% là hàm lượng tối ưu với cả sợi lanh và sợi xơ dừa khi  $R_{ku}$  tại hàm lượng này tăng từ 50.7% đến 98.8% so với mẫu nền.

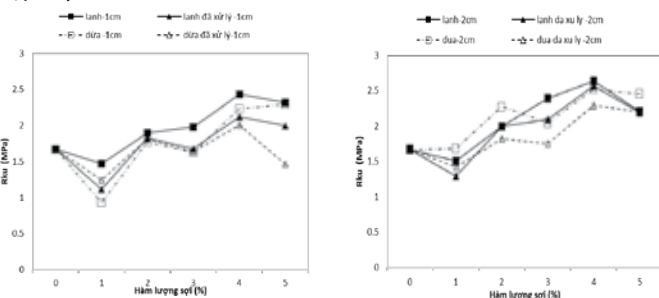


a. Sợi 1cm

b. Sợi 2cm

**Hình 10.** So sánh  $R_{ku}$  28 ngày các mẫu M100 sử dụng lanh và xơ dừa.

Kết quả thí nghiệm uốn 4 điểm của các mẫu bê tông M300 sử dụng hàm lượng sợi từ 1% đến 5% được tổng hợp và so sánh tại Hình 11.a với sợi 1cm và tại Hình 11.b với sợi 2cm. Tương tự các mẫu M100, sợi tự nhiên có tác dụng tăng khả năng chịu uốn của mẫu và sợi lanh cho kết quả tốt hơn sợi xơ dừa; tại  $\gamma = 4\%$ , mẫu lanh 1cm chưa xử lý có  $R_{ku}$  cao hơn 45.7% so với mẫu nền và cao hơn 8.9% so với mẫu xơ dừa cùng loại. Ngoài ra, độ dài sợi cũng ảnh hưởng tới  $R_{ku}$  của mẫu khi tại cùng  $\gamma$ , sợi dài 2cm cho  $R_{ku}$  cao hơn mẫu sợi 1cm từ 2.5% đến 21.1%. Hơn nữa,  $R_{ku}$  rõ ràng phụ thuộc nhiều vào hàm lượng sợi  $\gamma$  như có thể thấy ở Hình 11.a, với mẫu M300,  $R_{ku}$  tăng khi hàm lượng sợi tăng đến 4% và giảm khi  $\gamma = 5\%$ , do đó, có thể kết luận hàm lượng sợi tối ưu trong trường hợp này là 4%.



a. Sợi 1cm

b. Sợi 2cm

**Hình 11.** So sánh cường độ kéo do uốn 28 ngày các mẫu M300 với lanh và xơ dừa.

## 5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả trên, chúng ta có thể kết luận rằng hình thái, hàm lượng và loại sợi tự nhiên có ảnh hưởng lớn tới cường độ của bê tông NFRC. Đối với cấp phối BT M100, sợi dài 1cm và 2cm, chưa xử lý và đã xử lý NaOH đều làm tăng  $R_n$  và  $R_{ku}$  so với mẫu nền. Loại sợi và phương pháp xử lý không ảnh hưởng tới cường độ nén nhưng có ảnh hưởng tới cường độ kéo do uốn, sợi lanh cho kết quả tốt hơn sợi xơ dừa tới 24.48% và sợi chưa xử lý cho kết quả tốt hơn sợi đã xử lý. Hàm lượng sợi tự nhiên tối ưu để xuất cho cấp phối này trong khoảng 4% - 6% khi  $R_n$  tăng 58.1% và  $R_{ku}$  tăng 98.8% tương ứng.

Đối với cấp phối M300, các loại sợi thêm vào đều làm giảm cường độ nén và tăng cường độ kéo do uốn so với mẫu nền. Sợi xơ dừa cho kết quả tốt hơn lanh trong thí nghiệm nén và nhưng kém hơn 8.9% trong thí nghiệm uốn. Chiều dài sợi không ảnh hưởng nhiều đến cường độ nén, tuy nhiên đối với cường độ kéo do uốn thì chiều dài sợi ảnh hưởng một cách rõ rệt khi sợi dài cho kết quả tốt hơn sợi ngắn tới 21.1%.

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy việc sử dụng các loại sợi tự nhiên NFRC đem lại lợi ích về mặt môi trường khi tận dụng được nguyên liệu sẵn có trong tự nhiên nhưng không đem lại nhiều hiệu quả về mặt tăng cường các tính chất cơ lý của bê tông, do đó, BT sợi tự nhiên phù hợp sử dụng với các cấu kiện không yêu cầu cao về cường độ như trang trí hay bê tông vỉa.Lời cảm ơn:

Cảm ơn Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM đã tài trợ kinh phí cho đề tài nghiên cứu này (Đề tài cấp trường mã số T2022-153).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Baley, C.,(2002). Analysis of the flax fibers tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 33(7):939-948.
- Savastano, H. Jr., Agopyan, V., Nolasco, A. M., Pimentel, L.,(1999). Plant fibre reinforced cement components for roofing. Construction and Building Materials, 13:433-438.
- Aamr-Daya, E., Langlet, T., Benazzouk, A., Quéneudec, M., (2008). Feasibility study of lightweight cement composite containing flax by-product particles: Physico-mechanical properties. Cement and Concrete Composites, 30:957-963.
- Emma, B., Leon, D.W., (2008). Use of flax fibres to reduce plastic shrinkage cracking in concrete. Cement and Concrete Composites, 30:929-937.
- Savastano, H. Jr., Warden, P.G., Coutts, R. S.P, (2003). Mechanically pulped sisal as reinforcement in cementitious matrices. Cement and Concrete Composites, 25:311-319
- Toledo, F. R., Scrivener, K., England, G., Ghavami, K., (2000). Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibres in cement mortar composites. Cement and Concrete Composites, 22:127-143.
- Kriker, A., Debicki, G., Bali, A., Mouldi, K., Chabannet, M., (2005). Mechanical properties of date palm fibres and concrete reinforced with date palm fibres in hot-dry climate. Cement and Concrete Composites, 27:554-564.
- Bledzki, A., Gassan, J.M., (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. Progress in Polymer Science, 24:221-274.
- Ramakrishna, G., Thirumalai, S., (2005). Impact strength of a few natural fibre reinforced cement mortar slabs: A comparative study. Cement and Concrete Composites, 27:547-553.
- Castro, J., Naaman, A., (1981). Cement mortar reinforced with natural fibers.. Journal of the American Concrete Institute, 78:69-78.
- N. T. Anh và L. N. P. Trường, "Nghiên cứu tính chất cơ lý của bê tông sợi tự nhiên khu vực đồng bằng sông Cửu Long", JOMC, số p.h 2, tháng 11 2021.
- N. T. Anh. Physical and mechanical characterization of flax fiber concrete. Proceedings of International conference on civil technology, 2019.