

# NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT CHẾ TẠO BÊ TÔNG CỐT SỢI ĐAY RESEARCH AND PRODUCTION OF FIBER REINFORCED JUTE CONCRETE

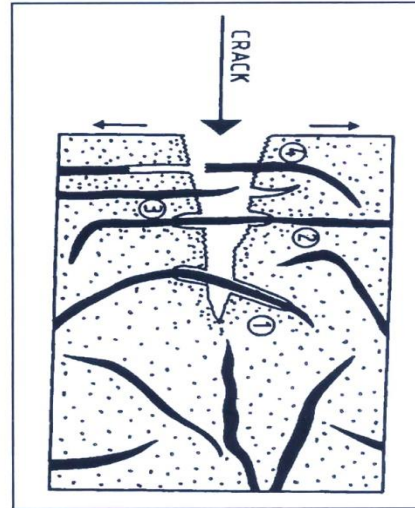
**TS. NGUYỄN HÙNG MINH, KS. NGUYỄN THẾ TÚ**  
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay trong thành phần đến các tính chất của bê tông cốt sợi (BTCS). Kết quả cho thấy với sự có mặt của sợi đay tự nhiên trong thành phần, cường độ nén của BTCS có xu hướng giảm dần. Tuy nhiên cường độ chịu uốn của BTCS lại tăng lên ở tất cả các tuổi với tỷ lệ tăng cao nhất khoảng 26% so với bê tông đối chứng khi hàm lượng sợi đay bằng 0,4% ÷ 0,6%.

Abstract: The paper presents the research results of investigating the effects of Jute fiber content on the properties of fiber-reinforced concrete (FRC). The results showed that with the presence of natural Jute fibers in the composition, the compressive strength of the FRC tended to decrease. However, the flexural strength of FRC increased at all ages with the highest increase rate of about 26% compared to the control concrete.

### 1. Đặt vấn đề nghiên cứu

Bê tông có tính chất đặc trưng là giòn, có cường độ chịu kéo thấp. Trong thực tế, các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thường bị phá hủy do tính giòn (Hamoush et al. 2010). Để cải thiện các tính chất trên của bê tông có nhiều phương án khác nhau đã được áp dụng. Một trong số đó là bổ sung các loại sợi ngấn vào thành phần của bê tông. Sợi trong thành phần bê tông có 3 tác dụng chính gồm: Tăng khả năng chịu kéo; Tăng cường độ chịu kéo và tăng cường độ chịu va đập (Arisoy 2002). Bê tông cốt sợi có nhiều ứng dụng trong sản xuất các cấu kiện thành mỏng dùng trong trang trí, kiến trúc, sản xuất các chi tiết kỹ thuật.



Hình 1. Cơ chế ngăn cản vết nứt trong bê tông cốt sợi [2, 7]

Sợi sử dụng trong bê tông có nhiều loại khác nhau: Sợi kim loại, sợi tổng hợp, sợi tự nhiên. Sợi đay có nguồn gốc tự nhiên và rất phổ biến ở Việt Nam [6]. Việc nghiên cứu chế tạo BTCS từ sợi đay sẽ tận dụng được nguồn nguyên liệu rẻ tiền, sẵn có đồng thời tạo được BTCS có cường độ chịu uốn cao, có khả năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực xây dựng. Đây chính là mục tiêu của nghiên cứu khảo sát.

### 2. Yêu cầu kỹ thuật của bê tông cốt sợi và nội dung nghiên cứu

Các tính chất của sản phẩm cụ thể phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp vữa BTCS và phương pháp sản xuất. Các tính chất cơ bản của BTCS được sản xuất bằng 2 quy trình: phun và trộn - đúc được trình bày trong bảng 1 dưới đây.

**Bảng 1. Tính chất cơ lý của vật liệu BTCS [10]**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Công nghệ phun	Công nghệ trộn - đúc
1	Hàm lượng sợi	%	3,5 ÷ 5	0,5 ÷ 3,5
2	Khối lượng riêng	T/m <sup>3</sup>	1900 ÷ 2100	1800 ÷ 2000
3	Cường độ nén	MPa	50 ÷ 80	40 ÷ 70
4	Cường độ chịu uốn phá hủy, (MOR)	MPa	20 ÷ 30	10 ÷ 14
5	Cường độ chịu uốn tới hạn (LOP)	MPa	7 ÷ 11	5 ÷ 8
6	Cường độ chịu va đập	kJ/m <sup>2</sup>	10 ÷ 25	10 ÷ 15
7	Mô đun đàn hồi	GPa	10 ÷ 20	10 ÷ 15
8	Biến dạng phá hủy	%	0,6 ÷ 1,2	0,1 ÷ 0,2

Việt Nam có nền kinh tế phát triển nhanh cùng với dân số đông nên nhu cầu về vật liệu xây dựng lớn. Để bảo vệ thiên nhiên đồng thời đáp ứng nhu cầu của xã hội cần tiếp tục sử dụng các vật liệu truyền thống như gỗ rừng tự nhiên, gạch nung, tấm lợp fibro xi măng, đồng thời phát triển các loại vật liệu xây dựng mới thân thiện với môi trường.

Nội dung của nghiên cứu là khảo sát khả năng sử dụng sợi đay để chế tạo BTCS bằng công nghệ trộn - đúc đạt một số yêu cầu cơ bản trong bảng 1.

### 3. Vật liệu

#### 3.1 Chất kết dính

Ở Việt Nam có 2 loại xi măng thương phẩm chính được nhiều nhà máy sản xuất là Xi măng poóc lăng (PC) và xi măng poóc lăng hỗn hợp (PCB). Với mục đích tăng tính ứng dụng trong nghiên cứu sử dụng xi măng Nghi Sơn PC40. Xi măng PCB40 có các tính chất đạt các yêu cầu của xi măng poóc lăng hỗn hợp quy định trong TCVN 6206: 2009.

#### 3.2 Cốt liệu

Trong thành phần định hướng BTCS của Hiệp hội BTCS thế giới (GRCA) khuyến cáo sử dụng cốt liệu là cát qua sàng 2,5 mm [2, 10]. Trong nhiều nghiên cứu sử dụng cát qua sàng 2,5 mm; Mô đun

độ lớn  $M_n = 3,1$ ; Khối lượng riêng:  $2,65 \text{ g/cm}^3$ ; Khối lượng thể tích xốp:  $1.435 \text{ kg/m}^3$ .

#### 3.3 Phụ gia hóa học

Phụ gia giảm nước là một thành phần quan trọng của BTCS thi công bằng công nghệ trộn - đúc. Trong thí nghiệm nghiên cứu đề tài sử dụng phụ gia LK-1G gốc polycarboxylate do Viện KHCN Xây dựng sản xuất là phụ gia siêu dẻo chậm đông kết loại G theo TCVN 8826 : 2011. Một số tính chất của phụ gia LK-1G như sau: Độ pH:  $7 \div 11$ ; Hàm lượng chất khô:  $15 \div 18$  (%); Giảm lượng nước (khi giữ nguyên độ sụt):  $20 \div 30$  (%).

**3.4 Nước trộn:** Nước sử dụng trong nghiên cứu thỏa mãn yêu cầu của TCVN 4506 : 2012.

#### 3.5 Sợi gia cường

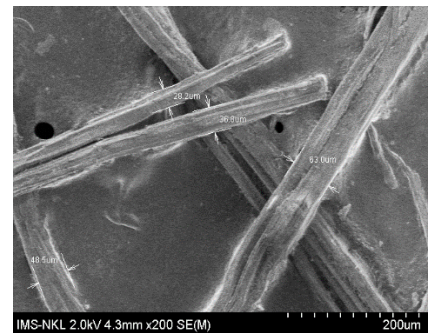
Sợi tự nhiên ở Việt Nam rất đa dạng gồm các loại như sợi có nguồn gốc thực vật gồm: sợi dừa, sợi đay, sợi dứa,... và nguồn gốc tự nhiên gồm: sợi Bazan, sợi amiăng, sợi aramid... Đay là vật liệu giá rẻ, mềm, dài, độ bóng và được nghiên cứu sản xuất thành các loại vải địa kỹ thuật và xử lý cải thiện các tính chất cơ lý để sử dụng trong xây dựng. Hình ảnh và kích thước của sợi đay sử dụng trong nghiên cứu trình bày trong hình 2.



Sợi đay



Chiều dài sợi đay 18 mm



Đường kính  $D = 18,5 \mu\text{m}$

Hình 2. Sợi đay

#### 3.6 Thành phần BTCS và phương pháp nghiên cứu

Các nội dung nghiên cứu của đề tài thực hiện theo các tiêu chuẩn và phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn và phi tiêu chuẩn như sau:

Khảo sát đánh giá hiệu quả của các loại sợi gia cường được thực hiện đối với cường độ chịu uốn và cường độ nén của bê tông cốt sợi. Thành phần BTCS định hướng do hiệp hội BTCS thế giới (GRCA) khuyến cáo [10] được trình bày ở bảng 2 dưới đây:

**Bảng 2. Thành phần bê tông cốt sợi điển hình**

STT	Tên nguyên liệu	Đơn vị	Khối lượng
1	Xi măng PCB40 Nghi Sơn	kg	1.000
2	Cát (qua sàng 2,5 mm)	kg	1.000
3	Sợi đay (các loại chiều dài sợi 10 mm - 20 mm) 0 – 1%	kg	0 - 20
4	Phụ gia siêu dẻo LK-1G (gốc PC): 1,2% – 2,0%	lít	12 - 24
5	Nước trộn (đạt độ chảy 150 mm – 275 mm)	lít	260

Thí nghiệm khảo sát được thực hiện theo công nghệ trộn và đúc. Chế tạo mẫu uốn, bảo dưỡng và thí nghiệm uốn mẫu được thực hiện theo BS EN 1170 - 1, 2 & 5. Cường độ nén của BTCS được đúc trong khuôn 50x50x50 mm, được bảo dưỡng bằng ngâm trong nước đến tuổi 3, 7, 28 ngày để thí nghiệm. Cường độ chịu uốn của BTCS được thí nghiệm trên các mẫu 400x50x16

(mm). Mỗi tổ gồm 6 viên mẫu thí nghiệm cho 1 tuổi.

**4. Kết quả nghiên cứu**

Trên cơ sở thành phần bê tông định hướng trong bảng 2 và vật liệu cụ thể trên, thành phần thử nghiệm khảo sát nghiên cứu chế tạo BTCS được tính toán và trình bày trong bảng 3 dưới đây.

**Bảng 3. Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> BTCS đay và kết quả thí nghiệm độ chảy**

STT	Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ sợi %	Khối lượng vật liệu, kg					Khối lượng kg	Độ chảy mm
			Xm	Cát	PG	Nước	Sợi		
1	SD0	0	1000	1046	24.0	260	0.0	2330	265.0
2	SD1	0.1	1000	1041	24.0	260	2.0	2327	260.0
3	SD2	0.2	1000	1035	24.0	260	4.1	2323	220.0
4	SD3	0.3	1000	1030	24.0	260	6.1	2320	176
5	SD4	0.4	1000	1024	24.0	260	8.2	2316	156
6	SD5	0.5	1000	1019	24.0	260	10.2	2313	115.0
7	SD6	0.6	1000	1013	24.0	260	12.3	2309	92
8	SD7	0.7	1000	1007	24.0	260	14.4	2305	82
9	SD8	0.8	1000	1002	24.0	260	16.4	2302	70

**4.1 Chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử**

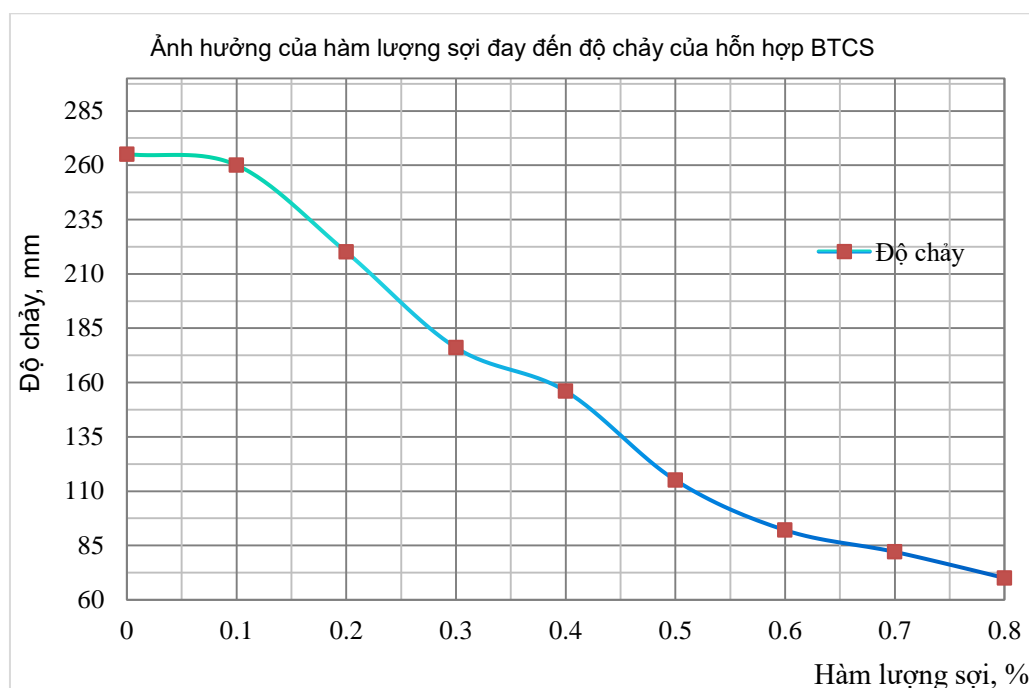
Vật liệu được cho vào máy trộn chuyên dụng, theo trình tự sau: Cho xi măng và sợi vào máy trộn, trộn đều trong 03 phút; Sau đó cho cát vào và trộn thêm 3 phút; Tiếp theo cho nước và phụ gia vào và trộn thêm 3 phút. Sau khi trộn, thí nghiệm xác định độ chảy của hỗn hợp bê tông cốt sợi trước khi đúc mẫu để thí nghiệm các tính chất cơ lý. Độ chảy của hỗn hợp BTCS được xác định theo BS EN 1170 – 1 [3].

Mẫu thí nghiệm được đúc trong khuôn chuyên dụng thành các tấm mẫu có kích thước 500x

800x16 mm. Các tấm mẫu sau khi đúc 24h được tháo khuôn và cắt thành các thanh có chiều rộng 50±2 mm. Các thanh mẫu được bảo dưỡng bằng ngâm trong nước đến các tuổi 3, 7 và 28 ngày và sau đó tiến hành thí nghiệm uốn theo BS EN 1770 - 4 & 5 [4, 5]. Mẫu dùng để xác định cường độ nén được đúc trong các khuôn 50 x 50 x 50 mm.

**4.2 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến độ chảy của hỗn hợp BTCS**

Ảnh hưởng này được thể hiện rõ trong đồ thị dưới đây.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến độ chảy của hỗn hợp BTCS

Kết quả thử nghiệm cho thấy khi hàm lượng sợi tăng, độ chảy của hỗn hợp BTCS giảm dần tương ứng. Quan hệ này có tính tuyến tính. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu của các tác giả khác.

#### 4.3 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến cường độ nén của BTCS

Với cùng tỷ lệ N/X, bê tông có cường độ nén

giảm dần khi hàm lượng sợi đay trong thành phần tăng. Bê tông chứa 1% sợi đay có cường độ nén chỉ bằng 75,6% của bê tông đối chứng. Sự suy giảm cường độ nén khi hàm lượng sợi tăng lên chứng tỏ độ chắc đặc của mẫu bê tông có sợi giảm dần. Sự phát triển cường độ nén của các mẫu thí nghiệm có sợi và không có sợi tương tự như nhau. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 4 và các đồ thị hình 4 dưới đây.

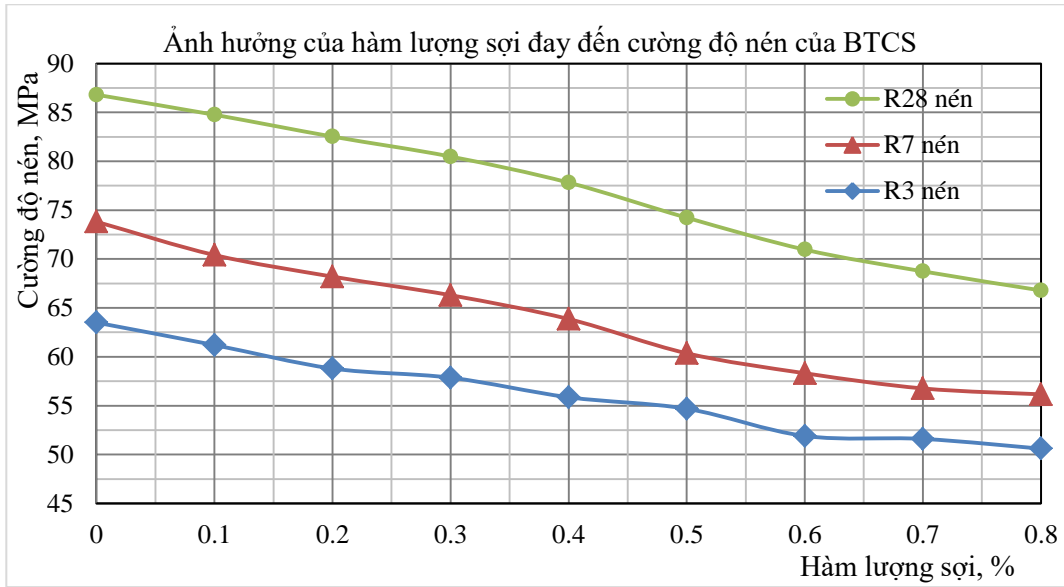
Bảng 4. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đay đến cường độ nén của BTCS

STT	Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ sợi %	Cường độ nén							
			R <sub>3</sub>		R <sub>7</sub>		R <sub>28</sub>		Tỷ lệ	
			MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	R <sub>3</sub> /R <sub>28</sub>	R <sub>7</sub> /R <sub>28</sub>
1	SD0	0	63.5	100%	73.8	100%	86.8	100%	73.1%	85.0%
2	SD1	0.1	61.2	96.4%	70.4	95.4%	84.8	97.6%	72.2%	83.1%
3	SD2	0.2	58.8	92.6%	68.2	92.4%	82.5	95.1%	71.2%	82.6%
4	SD3	0.3	57.9	91.1%	66.3	89.8%	80.5	92.7%	71.9%	82.4%
5	SD4	0.4	55.9	88.0%	63.9	86.5%	77.8	89.6%	71.8%	82.1%
6	SD5	0.5	54.7	86.1%	60.4	81.8%	74.2	85.5%	73.7%	81.3%
7	SD6	0.6	51.9	81.7%	58.3	79.0%	71.0	81.7%	73.1%	82.2%
8	SD7	0.7	51.6	81.3%	56.8	76.9%	68.7	79.2%	75.1%	82.6%
9	SD8	0.8	50.6	79.7%	56.2	76.1%	66.8	76.9%	75.8%	84.1%

Kết quả trên đồ thị cho thấy, các thành phần có cùng lượng nước (cùng tỷ lệ N/X) nhưng với hàm lượng sợi tăng dần từ 0 – 1% cho cường độ nén của BTCS giảm dần tương ứng ở tất cả các tuổi.

Quan hệ này có xu hướng tuyến tính.

Sự phát triển cường độ vữa ở tuổi 3, 7 ngày đạt tương ứng 85% và 91% so với cường độ nén ở tuổi 28 ngày của tất cả các mẫu thí nghiệm.



Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến cường độ nén của BTCS

**4.4 Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến cường độ chịu uốn của BTCS**

Cường độ chịu uốn được thí nghiệm trên các thanh mẫu 400 x 50 x 16 mm bằng máy kéo uốn vạn năng SHIMADZU (hình 6) theo BS EN 1170: 2004 - 4 và 5. Mẫu được uốn theo sơ đồ hình 5 và hình 7. Kết quả uốn được trình bày trên bảng 5 và hình 8 dưới đây.

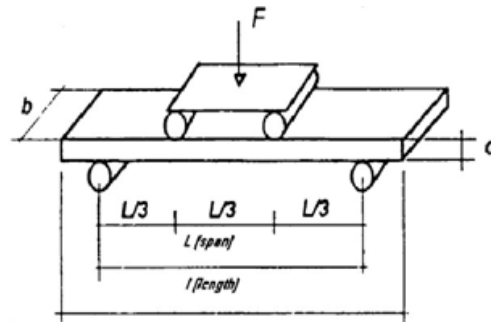
Xác định ứng suất phá hủy  $\delta$ :

$$\delta = \frac{F_{mor} \times L}{b \times d^2}$$

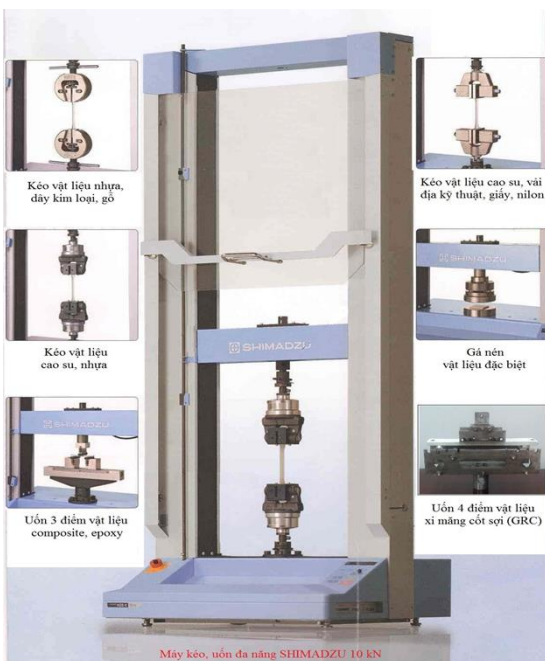
trong đó:

$F_{mor}$  – lực uốn phá hủy (N);

- L - khoảng cách gối uốn (mm);
- b - chiều rộng thanh mẫu (mm);
- d - chiều dày mẫu tại vị trí uốn gãy (mm).



Hình 5. Sơ đồ thí nghiệm uốn mẫu

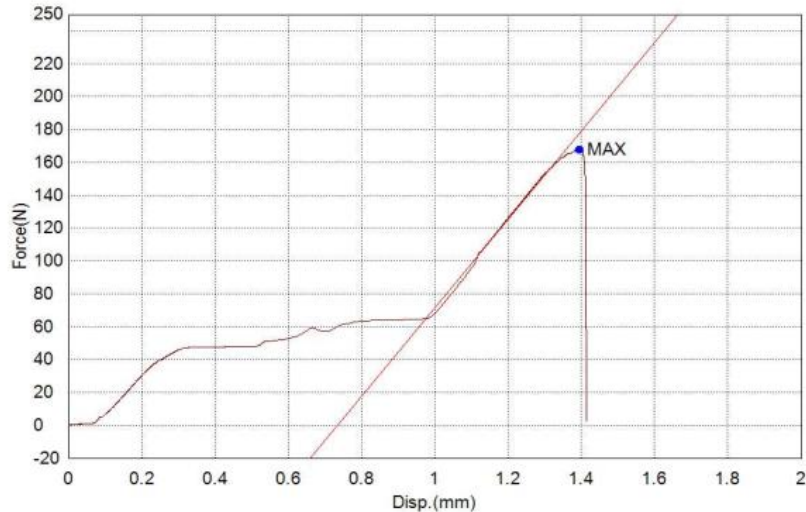


Hình 6. Máy kéo uốn vạn năng SHIMADZU



Hình 7. Uốn mẫu BTCS

Kết quả thí nghiệm uốn mẫu trên máy Shimadzu được thể hiện trên biểu đồ hình 8.



Hình 8. Biểu đồ uốn mẫu BTCS đay

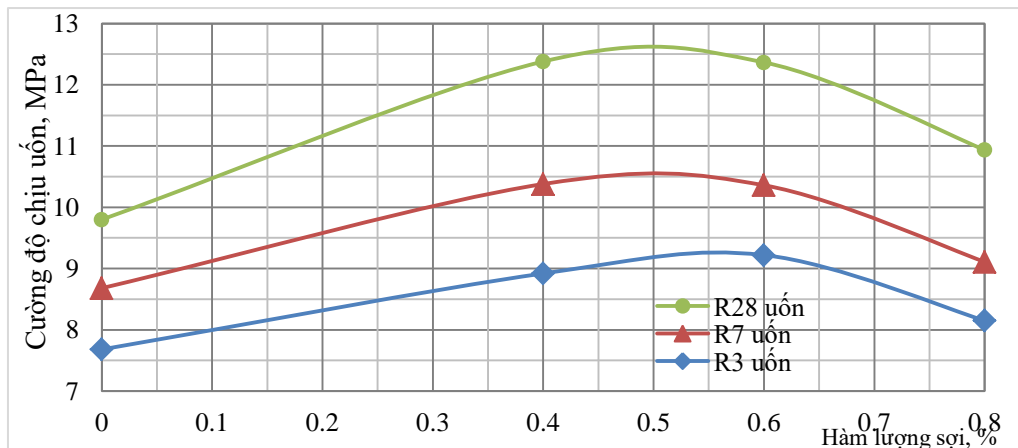
Bảng 5. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đay đến cường độ chịu uốn của BTCS

STT	Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ sợi %	Cường độ chịu uốn							
			R <sub>3</sub>		R <sub>7</sub>		R <sub>28</sub>		Tỷ lệ	
			MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	MPa	R <sub>i</sub> /R <sub>0</sub>	R <sub>3</sub> /R <sub>28</sub>	R <sub>7</sub> /R <sub>28</sub>
1	SD0	0	7.7	100.0%	8.7	100.0%	9.8	100.0%	78.4%	88.6%
2	SD4	0.4	8.9	116.1%	10.4	119.6%	12.4	126.3%	72.1%	83.8%
3	SD6	0.6	9.2	120.1%	10.4	119.4%	12.4	126.2%	74.6%	83.8%
4	SD8	0.8	8.2	106.1%	9.1	105.0%	10.9	111.6%	74.5%	83.3%

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, với hàm lượng sợi đay trong thành phần bê tông tăng dần, cường độ chịu uốn của BTCS tăng dần và đạt giá trị cao nhất khi hàm lượng sợi khoảng 0,6% ở tất cả các tuổi, sau đó cường độ chịu uốn có xu hướng giảm dần khi hàm lượng sợi tăng lên. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của tác giả nước ngoài. Sự gia tăng cường độ chịu uốn của BTCS được hiểu như sau:

- Các sợi đay có trong thành phần BTCS đã hấp thụ các ứng suất kéo, bắc cầu qua các vết nứt sinh ra khi ứng suất kéo phát sinh trong bê tông và làm tăng cường độ chịu uốn của BTCS;

- Với hàm lượng sợi tăng dần, số lượng sợi tham gia hấp thụ ứng suất kéo tăng lên nên cường độ chịu uốn của BTCS tăng dần. Tuy nhiên với sự gia tăng hàm lượng sợi đến mức nhất định (> 0,6%) cùng với sự suy giảm cường độ nén, sự gia tăng độ rỗng, xốp trong cấu trúc của BTCS tăng lên, khi đó cường độ chịu uốn của BTCS giảm dần. Cường độ chịu uốn của BTCS có hàm lượng sợi 0,6% ở tuổi 28 đạt 12,4 MPa tăng nhiều nhất bằng 26,2% so với mẫu không có sợi.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đay đến cường độ chịu uốn của BTCS

**4.5 Tương quan giữa cường độ nén và cường độ chịu uốn của BTCS đay**

Ảnh hưởng của cường độ nén đến cường độ chịu uốn của BTCS được khảo sát và trình bày trên bảng 6 và đồ thị hình 10 dưới đây.

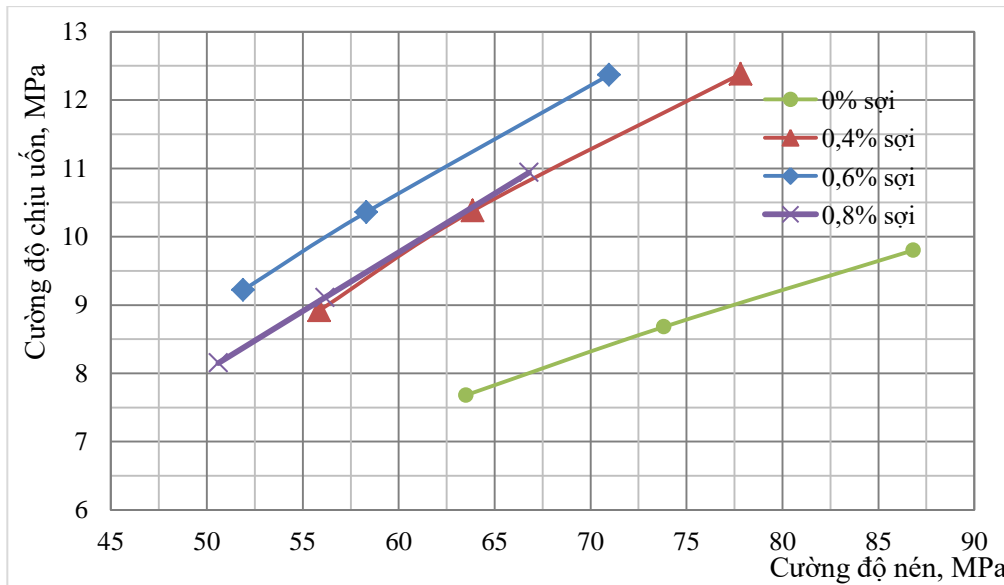
**Bảng 6.** Tương quan giữa cường độ nén và cường độ chịu uốn của BTCS đay

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Ký hiệu mẫu/Hàm lượng sợi			
			SD0	SD4	SD6	SD8
			0	0,4%	0,6%	0,8%
1	R <sub>3</sub> nén	MPa	63.5	55.9	51.9	50.6
2	R <sub>7</sub> nén	MPa	73.8	63.9	58.3	56.2
3	R <sub>28</sub> nén	MPa	86.8	77.8	71.0	66.8
4	R <sub>3</sub> uốn	MPa/ %	7.7/100	8.9/115	9.2/119	8.2/106
5	R <sub>7</sub> uốn	MPa/ %	8.7/100	10.4/120	10.4/120	9.1/105
6	R <sub>28</sub> uốn	MPa/ %	9.8/100	12.4/127	12.4/127	10.9/111
7	R <sub>3</sub> uốn/R <sub>3</sub> nén	%	12.1%	16.0%	17.8%	16.1%
8	R <sub>7</sub> uốn/R <sub>7</sub> nén	%	11.8%	16.3%	17.8%	16.2%
9	R <sub>28</sub> uốn/R <sub>28</sub> nén	%	11.3%	15.9%	17.4%	16.4%

Quan hệ giữa hàm lượng sợi đay và cường độ chịu uốn của BTCS được trình bày trên đồ thị dưới đây. Kết quả trên cho thấy ở tuổi 3 ngày cường độ chịu uốn của BTCS cao nhất khi tỷ lệ sợi trong khoảng 0,4% – 0,6%. Sự phát triển cường độ chịu uốn của BTCS cũng tương tự như cường độ nén.

Kết quả cho thấy với sự gia tăng cường độ nén,

cường độ chịu uốn của BTCS (có cùng hàm lượng sợi) tăng lên. Quan hệ này có xu hướng tuyến tính. Kết quả này phù hợp với quy luật. Thành phần đối chứng (không có sợi) có sự gia tăng cường độ chịu uốn thấp hơn so với các thành phần có sợi (góc nghiêng của đồ thị nhỏ hơn). Kết quả này cũng phù hợp với quy luật.



**Hình 10.** Tương quan giữa cường độ nén và cường độ chịu uốn của BTCS đay

**Nhận xét:**

- Hàm lượng sợi đay trong bê tông tăng từ 0,4% - 0,8% làm giảm cường độ nén của BTCS ở tất cả các tuổi;
- Sợi đay sử dụng trong nghiên cứu làm tăng cường độ chịu uốn của bê tông ở các tuổi 3, 7, 28

- ngày và hiệu quả cao nhất khi hàm lượng sợi từ 0,4% - 0,6%, khi đó cường độ chịu uốn của BTCS tăng thêm 26,3% so với mẫu không có sợi;
- Với hàm lượng sợi đay từ 0,6% - 0,8% tương quan giữa cường độ chịu uốn và cường độ nén của BTCS tăng thêm từ 6,1% - 5,1% so với bê tông

không có sợi.

Kết quả thí nghiệm BTCS đay nói ở tuổi lớn nhất là 28 ngày. Ở tuổi dài ngày, sợi đay là sợi thực vật nên có khả năng bị phân hủy trong môi trường kiềm của bê tông nên để đảm bảo độ bền lâu dài cần có các phương án xử lý sợi [1, 8, 9] và thử nghiệm BTCS ở tuổi dài ngày để kiểm chứng.

### 5. Kết luận và kiến nghị

- Có thể sử dụng sợi đay để chế tạo BTCS bằng công nghệ trộn - đúc đạt yêu cầu về cường độ chịu uốn (LOP & MOR) của BTCS cấp 10 (Grade 10 theo GRCA);
- Do sợi đay có nguồn gốc thực vật nên độ bền trong môi trường kiềm không cao ở tuổi dài ngày nên cần nghiên cứu độ bền lâu của BTCS đay để đảm bảo chất lượng lâu dài của công trình.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. A. K. Varma, S. R. A. Krishnan, and S. Krishnamoorthy (1989), "Effect of chemical treatment on density and crystallinity of Jute fibers", *Textile Research Journal*, vol. 59, no. 6, pp. 368–370. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#).
2. Abe J, Takeuchi Y, Japan (2011), "Development of Self-Compacting Premix GRC", *GRC Istanbul*.
3. BS EN 1170 – 1, Precast concrete products - Test method for glass-fibre reinforced cement, *Part 1: Measuring the consistency of the matrix - Slump test' method*.
4. BS EN 1170 – 4, Precast concrete products - Test method for glass-fibre reinforced cement. *Part 4. Measuring bending strength - "Simplified bending test" method*.
5. BS EN 1170 – 5, Precast concrete products - Test method for glass-fibre reinforced cement. *Part 5. Measuring bending strength- "Complete bending test" method*.
6. <https://en.wikipedia.org/wiki/Jute>.
7. Kanda, T., and Li, V.C. (1998), "Interface Property and Apparent Strength of a High Strength Hydrophilic Fiber in Cement Matrix", *ASCE J. Materials in Civil Engineering*, 5-13.
8. R. Ball, A. McIntosh, and J. Boindley, "Feedback processes in cellulose thermal decomposition: implications for fire-retarding strategies and treatments", *Combustion Theory and Modeling* View at: [Google Scholar](#).
9. S. K. Kundu (1987), "Flexural bending fatigue of raw and chemically treated jute", *Textile Research Journal*, vol. 57, no. 2, pp. 118–120,. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#).
10. The International Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA) (2016); "Specification for the Manufacture, Curing & Testing of Glassfibre Reinforced Concrete (GRC) Products"; *Published by: The International Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA) This edition published: January*.

Ngày nhận bài: 07/12/2020.

Ngày nhận bài sửa: 26/3/2021.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 26/3/2021.