

## NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG CỐT SỢI PHI KIM SỬ DỤNG TRONG CÔNG TRÌNH BIỂN ĐẢO

### RESEARCH ON FABRICATION OF NON-METALLIC FIBER REINFORCED CONCRETE USED IN SEA AND ISLAND CONSTRUCTION

Nguyễn Hùng Minh<sup>1</sup>, Cao Duy Bách<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: <sup>1</sup> minhbst@gmail.com, <sup>2</sup> bachibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses2-8>

**TÓM TẮT:** Bê tông là loại vật liệu giòn, có cường độ chịu nén cao, cường độ chịu kéo và khả năng biến dạng thấp. Trong thực tế, các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thường bị phá hủy do tính giòn. Để khắc phục nhược điểm này, việc nghiên cứu sử dụng bê tông cốt sợi trong công trình xây dựng ngày càng được quan tâm. Các loại sợi ngắn như sợi kim loại, sợi tổng hợp, sợi tự nhiên được bổ sung vào thành phần của bê tông sẽ làm tăng khả năng chịu kéo; tăng cường khả năng chịu va đập của kết cấu, nâng cao độ bền, tuổi thọ của công trình. Việc nghiên cứu chế tạo bê tông cốt sợi phi kim - vật liệu thân thiện với môi trường, để tăng cường độ uốn, kéo và va đập, tăng khả năng chống ăn mòn của bê tông trong môi trường xâm thực... sẽ làm tăng đáng kể tuổi thọ của công trình. Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật cao bằng việc sử dụng loại cốt sợi phi kim (Polyvinylal Alcohol) để chế tạo bê tông sản xuất các cấu kiện đúc sẵn thành mỏng và cho xây dựng công trình vùng biển đảo tại Việt Nam.

**TỪ KHÓA:** Cốt sợi Polyvinylal Alcohol (PVA), Bê tông cốt sợi, Bê tông cốt sợi Polyvinylal Alcohol.

**ABSTRACTS:** Concrete is a brittle material with high compressive strength, tensile strength and low deformation capacity. In fact, concrete and reinforced concrete structures are often destroyed due to brittleness. To overcome this drawback, the research using a fiberreinforced concrete in construction projects is receiving increasing attention. Short fibers such as metal fibers, synthetic fibers and natural fibers added to the composition of concrete will increase the tensile capacity, enhances the impact resistance of the structure, improving the durability and service life of the project. The research of non-metallic fiber reinforced concrete - an environmentally friendly material, to increase bending, tensile and impact strength, increase the corrosion resistance of concrete in aggressive environments... will increase the service life of the project. This paper introduces some research results that bring high economic and technical efficiency by using non-metallic fiber (Polyvinylal Alcohol Fiber) to manufacture fiber reinforced concrete for thin-walled precast components and construction in Vietnam's island and coastal areas.

**KEYWORDS:** Polyvinylal Alcohol Fiber (PVA), Fiber reinforced concrete, PVA Reinforced Concrete.

#### 1. TỔNG QUAN

Hiện nay, bê tông cốt sợi (BTCS) đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi cho các công trình xây dựng nhờ đặc tính ưu việt hơn so với bê tông thông thường: độ bền và tính đàn hồi cao, khả năng chống va đập, chịu mài mòn, chống ăn mòn cao...

Bê tông cốt sợi (BTCS) 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. Việc sử dụng sợi phi kim trong bê tông giúp cải thiện tính chất cơ học, độ cứng, độ bền và độ biến dạng của bê tông. Theo các số liệu nghiên cứu

[1,6], cốt sợi Polyvinylal Alcohol (PVA) thuộc sợi tổng hợp là một lựa chọn tốt cho BTCS. Nội dung bài báo trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu của Viện KHCN Xây dựng về việc sử dụng sợi PVA chế tạo BTCS tính năng cao để sản xuất các cấu kiện thành mỏng và các kết cấu ứng dụng trong xây dựng, đặc biệt trong các công trình xây dựng biển đảo Việt Nam. Việc chế tạo bê tông cốt sợi PVA (BTCS PVA) và ứng dụng thành công tại công trình xây dựng vùng biển Thanh Hóa của đề tài đã góp phần khẳng định việc sử dụng BTCS trong xây dựng kỹ nguyên mới sẽ đem lại nhiều lợi ích về kỹ thuật, kinh tế và xã hội.

## 2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO BTCS PVA

### 2.1. Chất kết dính

Sử dụng xi măng poóc lăng hỗn hợp của Nhà máy xi măng Nghi Sơn (PCB 40). Các tính chất cơ lý của xi măng được trình bày tại Bảng 1, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật quy định trong TCVN 6206:2009.

**Bảng 1. Kết quả thử tính chất cơ lý của xi măng Nghi Sơn PCB 40**

Tính chất	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	3,07
Độ dẻo tiêu chuẩn	%	28,5
Thời gian đông kết	min	
- Bắt đầu		110
- Kết thúc		85
Cường độ chịu nén	MPa	
- 7 ngày		8,7
- 28 ngày		9,5
Cường độ chịu nén	MPa	
- 7 ngày		37,4
- 28 ngày		48,9

### 2.2. Cốt liệu

Theo tài liệu khuyến cáo của Hiệp hội BTCS thế giới (GRCA) [2, 4], nên sử dụng cốt liệu là cát có thành phần hạt qua sàng 2,5 mm. Đề tài lựa chọn cát thô, có các tính chất cơ bản như sau:

- Khối lượng riêng: 2,65 g/cm<sup>3</sup>;
- Khối lượng thể tích xốp: 1.435 kg/m<sup>3</sup>;
- Cỡ hạt lớn nhất: 2,5mm;
- Mô đun độ lớn Mn = 3,1.

### 2.3. Phụ gia hóa học

Phụ gia giảm nước sử dụng phụ gia siêu dẻo chậm đông kết LK-1G gốc polycarboxylate do Viện KHCN Xây dựng sản xuất có các tính chất cơ bản thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011 như sau:

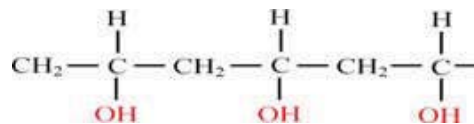
- Độ pH: 7÷11;
- Hàm lượng chất khô: 15 ÷ 18 (%);
- Giảm lượng nước (khi giữ nguyên độ sụt): 20÷ 30 (%).

### 2.4. Nước trộn

Nước sử dụng trong nghiên cứu là nước máy thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4506:2012.

### 2.5. Sợi polyvinylal Alcohol (PVA)

Sợi PVA là một polymer nhiệt dẻo có cấu trúc Polyvinylal Alcohol (Hình 1), không độc hại. Do có khả năng bám dính cao gấp 300 lần so với sợi thủy tinh bền kiềm [5], độ co giãn dưới tải thấp, cường độ chịu kéo cao, mô đun đàn hồi tương đối cao, khả năng tương thích hóa học tốt với xi măng, an toàn đối sức khỏe con người, sợi PVA được lựa chọn để làm cốt sợi cho bê tông [3, 6].

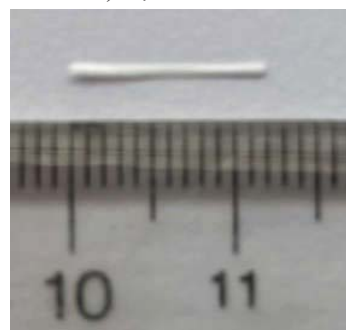


**Hình 1. Cấu trúc polyvinylal Alcohol**

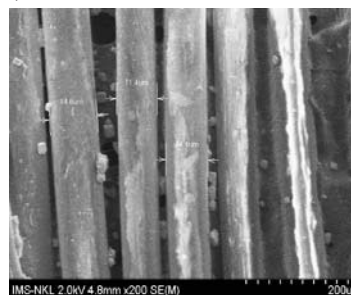
Đề tài sử dụng sợi PVA của Công ty Kuraray có các tính chất cơ lý phù hợp như khuyến cáo đưa ra tại Bảng 2 [3, 6]. Hình ảnh và kích thước của sợi PVA sử dụng trong nghiên cứu trình bày trong Hình 2.



a) Sợi PVA



b) Chiều dài sợi PVA 12 mm



c) Đường kính D = 71 ÷ 74 μm

**Hình 2. Hình ảnh sợi PVA**

**Bảng 2. Một số tính chất của sợi PVA**

Tính chất	Đơn vị	Giá trị
Cường độ chịu kéo	GPa	1,25 ÷ 2,254
Mô đun đàn hồi	GPa	22 ÷ 60
Độ giãn dài khi đứt	%	3,15
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	1,30

### 3. NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG CỐT SỢI SỬ DỤNG SỢI PVA

#### 3.1. Yêu cầu kỹ thuật của bê tông cốt sợi

Các tính chất của BTCS phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp 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 tại Bảng 3.

**Bảng 3. Tính chất cơ lý của BTCS [4]**

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

Thông qua thử nghiệm, đề tài đã khảo sát khả năng sử dụng sợi PVA để chế tạo BTCS bằng công nghệ trộn - đúc đạt một số yêu cầu cơ bản trong Bảng 3. Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> BTCS PVA và kết quả thí nghiệm độ chảy được trình bày tại Bảng 4.

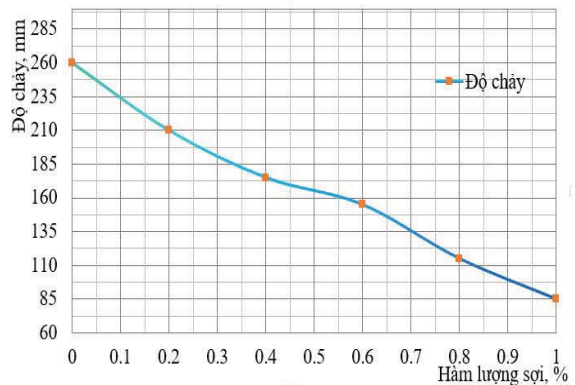
#### 3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến tính chất công nghệ của BTCS

Tính công tác của hỗn hợp BTCS rất quan trọng đối với công nghệ trộn đúc. Các thành phần BTCS được trộn theo công nghệ xác định. Thí nghiệm xác định độ chảy theo BS EN 1170 -1. Kết quả trình bày ở Bảng 4 và Hình 3. Với sự gia tăng hàm lượng sợi, độ chảy của hỗn hợp BTCS giảm dần. Nghiên cứu của tác giả [6] đối với BTCS có hàm lượng sợi PVA 0,9; 1,2; 1,5 (kg/m<sup>3</sup>) cũng cho

kết quả độ sụt giảm từ 17,5 cm (mẫu đối chứng) xuống 13 cm (mẫu có sợi: 1,5 kg/m<sup>3</sup>). Quan hệ giữa độ chảy và hàm lượng sợi có tính tuyến tính

**Bảng 4. Thành phần vật liệu cho 1 m<sup>3</sup> BTCS PVA và kết quả thí nghiệm độ chảy**

Ký hiệu mẫu	Khối lượng vật liệu, kg/m <sup>3</sup>					Độ chảy mm
	XM	Cát	PG	Nước	Sợi	
PVA 01	1000	1046	24	260	0,0	260
PVA 02	1000	1038	24	260	4,0	210
PVA 04	1000	1030	24	260	8,1	175
PVA 06	1000	1022	24	260	12,1	155
PVA 08	1000	1013	24	260	16,1	115
PVA 10	1000	1005	24	260	20,2	85



**Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến độ chảy của BTCS**

#### 3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến cường độ nén của BTCS

Sự có mặt của cốt sợi ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của BTCS. Kết quả thí nghiệm cường độ nén của các thành phần thí nghiệm ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày được trình bày tại Bảng 5.

**Bảng 5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến cường độ nén của BTCS**

Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ sợi, %	Cường độ nén, MPa			Tỷ lệ R <sub>128</sub> /R <sub>028</sub>
		R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	
PVA 01	0	52,8	65,3	72,4	100%
PVA 02	0,2	56,7	70,1	75,8	105%
PVA 04	0,4	58,5	72,2	77,8	107%
PVA 06	0,6	60,2	73,3	78,7	109%
PVA 08	0,8	58,4	70,4	77,3	107%
PVA 10	1	53,1	65,2	71,7	99%

Kết quả cho thấy cường độ nén của BTCS thay đổi không nhiều so với mẫu đối chứng. Cụ thể cường độ nén ở tuổi 28 ngày tăng dần khi hàm lượng sợi tăng lên đến 0,6%, sau đó có xu hướng giảm dần. Mức tăng cao nhất là 9%. Các nghiên cứu của các tác giả nước ngoài cũng cho kết quả tương tự.

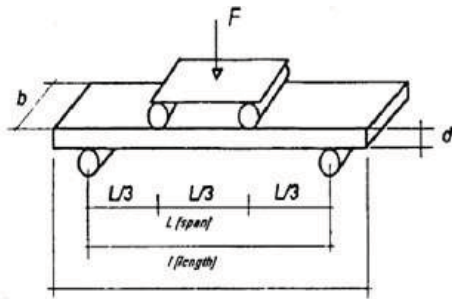
### 3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến cường độ chịu uốn của BTCS

Cường độ chịu uốn được thí nghiệm trên các thanh mẫu  $400 \times 50 \times 16$  mm bằng máy kéo uốn vạn năng SHIMADZU (Hình 4) theo BS EN 1170:2004 - 4 và 5.



Hình 4. Thí nghiệm uốn mẫu BTCS

Mẫu được uốn sơ đồ Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ thí nghiệm uốn mẫu BTCS

Xác định ứng suất phá hủy  $\delta$ :

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

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.

Ảnh hưởng của sợi PVA đến cường độ chịu uốn của BTCS với các hàm lượng khác nhau được trình bày ở Bảng 6.

Kết quả cho thấy cường độ chịu uốn của BTCS thay đổi khá lớn so với mẫu đối chứng. Cụ thể cường độ chịu uốn ở tuổi 28 ngày của các mẫu tăng dần khi hàm lượng sợi tăng lên đến 0,6%, sau đó có xu hướng giảm dần. Mức tăng cao nhất là 65%. Các nghiên cứu của các tác giả nước ngoài cũng cho kết quả tương tự.

Bảng 6. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến cường độ chịu uốn của BTCS

Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ sợi, %	Cường độ chịu uốn, MPa			Tỷ lệ $R_{128}/R_{028}$
		R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	
PVA 01	0	6,01	7,23	8,6	100%
PVA 02	0,2	8,42	10,26	11,7	136%
PVA 04	0,4	10,64	12,55	13,9	160%
PVA 06	0,6	11,24	13,3	14,3	165%
PVA 08	0,8	10,31	11,9	13,2	153%
PVA 10	1	7,92	9,6	10,8	125%

### 3.5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy sợi PVA là vật liệu có tính năng phù hợp cho BTCS được sử dụng rộng rãi trên thế giới với giá thành hợp lý nên được chọn làm vật liệu nghiên cứu chính của đề tài. Điều này cũng phù hợp với xu hướng chung trong việc sử dụng sợi PVA để làm BTCS trên thế giới.

Thành phần bê tông cốt sợi PVA sử dụng trong nghiên cứu tiếp theo được xác định là thành phần PVA 06 (xem Bảng 4) với các số liệu cụ thể cho  $1m^3$  như sau: Xi măng: 1000 kg; Cát: 1022 kg; PG 24 lít; Nước: 260 lít; Sợi PVA: 12,1 kg.

Từ thành phần nói trên có thể chế tạo được hỗn hợp BTCS có độ chảy  $\geq 150 \div 220$  mm; Bê tông cốt sợi sau khi đông rắn có cường độ chịu uốn  $\geq 14$  MPa; Cường độ nén  $\geq 70$  MPa.

## 4. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BTCS PVA

Trên cơ sở BTCS PVA nói trên, đề tài nghiên cứu sản xuất thử nghiệm các sản phẩm thành mỏng và kết hợp với các loại vật liệu sẵn có, xây dựng thử nghiệm công trình nhà ở 1 tầng để kiểm tra độ bền lâu trong môi trường khí hậu biển đảo.

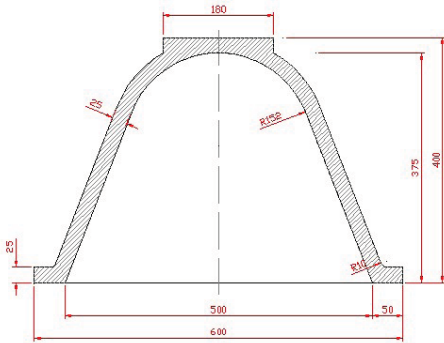


#### 4.1. Chế tạo thử nghiệm các sản phẩm thành mỏng từ BTCS PVA

Để tận dụng cường độ chịu uốn cao của BTCS, nhiều sản phẩm thành mỏng đã được nghiên cứu chế tạo trên thế giới như: Rãnh cáp cho các công trình đường sắt, hố ga ngăn mùi không cốt gia cường, mương thoát nước cho các công trình giao thông và thủy lợi.

##### 4.1.1. Chế tạo mương dẫn nước thành mỏng

Mương thoát nước bê tông cốt thép thông thường được sản xuất từ bê tông M25 trở lên, cốt thép gia cường nhỏ hơn 10 mm và chiều dày thành mương từ 70 mm đến 100 mm với các đầu nối âm dương (theo TCVN 6394:2014). Yêu cầu về khả năng chịu tải trọng ngang mặt trong lớn hơn 2,0 kN/m. Đề tài đã nghiên cứu chế tạo thử nghiệm mương thoát nước Parabol thành mỏng từ BTCS không có cốt gia cường với các thông số cụ thể như sau: Chiều dài: 2,5 m; Chiều rộng: 0,6 m; chiều cao: 0,375 m; Chiều dày thành mương: 25 mm. Chi tiết xem Hình 6.



a) Mặt cắt ngang mương Parabol



b) Hình ảnh mương Parabol được chế tạo

#### Hình 6. Chế tạo mương Parabol thành mỏng

##### 4.1.2. Chế tạo hố ga ngăn mùi thành mỏng

Sản phẩm hố ga ngăn mùi hiện đang có nhu cầu lớn trong xây dựng đô thị, đường giao thông, đặc biệt các đường giao thông nội bộ của các khu dân cư

mới có nhu cầu rất cao. Sản phẩm hố ga BTCS (Hình 7) đạt các yêu cầu của TCVN 10333-1:2014, cụ thể như sau:

- Mác bê tông: lớn hơn hoặc bằng M25;
- Thép cốt gia cường: có đường kính nhỏ hơn 10 mm;
- Chiều dày thành bê tông: Từ 50 mm đến 70 mm (vách ngăn mùi: 45 mm – 50 mm);
- Tải trọng đứng: 125 kN (đối với hố ga dưới lòng đường).



a) Khuôn chế tạo Hố ga ngăn mùi



b) Hình ảnh sản phẩm Hố ga ngăn mùi

#### Hình 7. Sản xuất hố ga ngăn mùi từ BTCS

#### 4.2. Thiết kế, chế tạo và xây dựng nhà từ BTCS

##### 4.2.1. Vật liệu

###### a) Bê tông cốt sợi PVA (BTCS PVA)

Để thiết kế các cấu kiện chịu lực, sử dụng BTCS PVA có các tính chất cơ lý như nghiên cứu ở trên (Xem Điều 3).

###### b) Cốt gia cường bê tông

Trong môi trường khí hậu ven biển các kết cấu chịu lực bằng BTCT thông thường rất dễ bị ăn mòn, phá hủy trong thời gian ngắn. Các tác nhân gây ăn mòn dễ xâm nhập vào bê tông, ăn mòn cốt thép và gây ra các hư hỏng xuống cấp công trình.

Để bảo vệ cốt thép trong bê tông chống ăn mòn có một số phương pháp được áp dụng như: Sơn epoxy bảo vệ cốt thép, Phương pháp ca tót. Để đảm bảo độ tin cậy cao, chi phí thấp và đồng bộ hóa với BTCS có độ bền sulfat cao, đề tài chọn cốt gia cường gốc phi kim thay thế thép cốt trong nghiên cứu chế tạo các cấu kiện chịu lực. Ở Việt Nam cốt gia cường phi kim là các thanh polymer được nghiên cứu sản xuất từ sợi thủy tinh và epoxy. Ngoài ra đề tài còn chọn cốt gia cường gốc Bazan để thí nghiệm so sánh [7]. Kết quả kiểm tra cường độ chịu kéo của các cốt gia cường được trình bày ở Bảng 7. Xác định cường độ bám dính của cốt Bazalt với BTCS PVA như Hình 8.

**Bảng 7. Kết quả thí nghiệm cốt gia cường Polyme**

Số TT	Mẫu thí nghiệm	D (mm)	Lực kéo (N)	Giới hạn bền khi kéo (N/mm <sup>2</sup> )		
				Mẫu	TB	Yêu cầu
<b>I</b>	<b>Thanh</b>	<b>Polymer</b>	<b>Cốt sợi</b>	<b>Thủy tinh</b>		
1	M1	14	64.500	419,2		
2	M2	14	64.500	419,2	429,0	> 800
3	M3	14	69.000	448,5		
<b>II</b>	<b>Thanh</b>	<b>Polymer</b>	<b>Cốt sợi</b>	<b>Bazan</b>		
1	M1	16	121.500	604,6		
2	M2	16	130.000	646,9	636,1	> 800
3	M3	16	132.000	656,8		



a) Mẫu thí nghiệm xác định cường độ bám dính

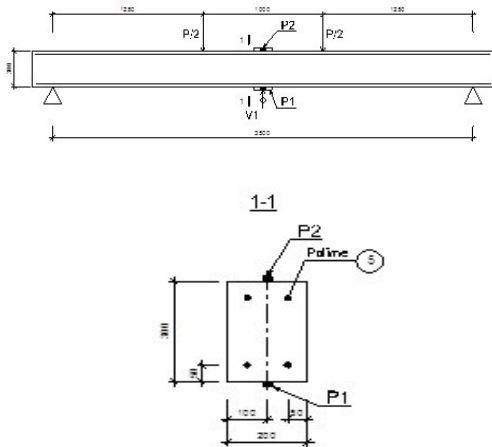


b) Thí nghiệm xác định cường độ bám dính

**Hình 8. Thí nghiệm xác định cường độ bám dính của cốt Bazalt với BTCS PVA**

Kết quả thí nghiệm thực tế sẽ được sử dụng trong tính toán kết cấu chịu lực của nhà thử nghiệm. Các chỉ tiêu khác như cường độ nén, mô đun đàn hồi khi kéo được lấy theo giá trị công bố của nhà sản xuất.

Sau khi thiết kế (Xem mặt cắt dọc và mặt cắt ngang điển hình của dầm BTCS PVA tại Hình 9), tiến hành đúc dầm BTCS PVA cốt Bazalt và cốt polymer để thí nghiệm (Hình 10 - Hình ảnh uốn dầm BTCS PVA cốt Bazalt). Kết quả cho thấy Dầm BTCS PVA cốt Bazalt có khả năng chịu lực đảm bảo như tính toán và được chọn để thiết kế và xây dựng nhà 1 tầng thử nghiệm trong môi trường biển đảo.



**Hình 9. Thiết kế dầm BTCS PVA cốt gia cường Bazalt – Mặt cắt dọc và Mặt cắt ngang**

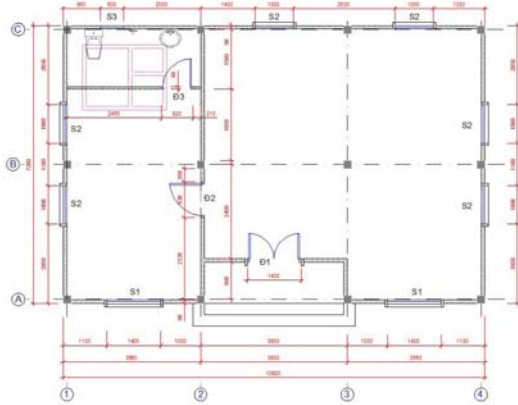


**Hình 10. Uốn dầm BTCS tại cấp tải 60 kN**

#### 4.2.2. Thiết kế nhà thử nghiệm

- Kiến trúc nhà 1 tầng thử nghiệm:
- Diện tích xây dựng: 90,6 m<sup>2</sup>
- Số tầng: 01 tầng.
- Cấp nhà: cấp 4.

Địa điểm xây dựng: Trạm kiểm soát Lạch Hới thuộc Đồn biên phòng Hoàng Trường, thôn Tân Xuân, xã Hoàng Phụ, huyện Hoàng Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Bản vẽ mặt bằng được trình bày tại Hình 11.



**Hình 11. Bản vẽ mặt bằng nhà thử nghiệm 1 tầng**

##### *Nguyên tắc tính toán*

Thiết kế thử nghiệm công trình nhà ở 1 tầng được tính toán theo tiêu chuẩn Eurocode 2 theo phần mềm Etabs, có xét đến công nghệ thi công phù hợp cũng như các điều kiện khí hậu Việt Nam, tóm tắt như sau:

- Sơ đồ tính toán được mô hình hóa với phần mềm Etabs theo mô hình hệ khung lựa chọn\* với tải trọng gió lớn nhất vùng biển là địa hình A, áp lực gió  $W = 241 \text{ kg/m}^2$ , chu kỳ lặp 50 năm. Tải trọng tĩnh tải và hoạt tải được lấy theo tiêu chuẩn TCVN 2737-1991.

(\*Hệ khung kết cấu được thiết kế tính toán có các dầm chính sử dụng liên kết khớp với cột tại vai cột, các dầm phụ liên kết khớp với các dầm chính, các tấm sàn được kê lên các dầm phụ và dầm chính. Móng sử dụng dạng móng cọc với thông số đất nền được giả thiết để tính toán là  $R_{tc} = 7,5 \text{ T/m}^2$ . Sau khi thực hiện thí nghiệm bần nén thì cường độ thí nghiệm đạt được là  $9 \text{ T/m}^2 > 7,5 \text{ T/m}^2$ ).

- Tiêu chí thiết kế được dựa theo các nguyên tắc, tiêu chuẩn, quy chuẩn bắt buộc tuân thủ tại Việt Nam. Cấu kiện BTCS được tính toán như cấu kiện bê tông thông thường theo TCVN 5574:2018. Cường độ chịu kéo dọc trục khi uốn ( $R_{bt}$ ) được lấy

theo thí nghiệm của vật liệu với cường độ chịu kéo dọc trục cực hạn là 16 MPa. Theo TCVN 3119: 1993  $R_k = R_{bt,n} = 0,58 \times 16 = 9,28 \text{ MPa}$ . Cường độ chịu kéo dọc trục khi uốn ( $R_{bt}$ ) được tính như sau:

$$R_{bt} = \frac{R_{bt,n}}{\gamma_{bt}}$$

$$R_{bt} = 9,28/1,3 = 7,1 \text{ MPa.}$$

Chọn  $R_{bt}$  là 7 MPa để tính toán và thí nghiệm. Với thông số đầu vào như trên, thiết kế hệ khung dầm có tiết diện dầm là  $20 \times 30 \text{ cm}$  có mô men cực hạn dầm có thể chịu được là 36 kN.m, thỏa mãn mô men uốn lớn nhất tại vị trí giữa dầm theo thiết kế:

$$M_{tk} = 21 \text{ (kN.m).}$$

- Thực hiện kết quả thí nghiệm kiểm chứng thực tế với cấu kiện dầm chính để kiểm tra lại cho thấy dầm không thỏa mãn, vì vậy cần điều chỉnh lại  $R_{bt}$  theo kết quả thí nghiệm lần 1 cho phù hợp:  $R_{bt} = M_u/W_{bt} = 1,875 \times 105/5142/10 = 3,646 \text{ MPa}$ .

Để thiên về an toàn, lựa chọn  $R_{bt} = 3,5 \text{ MPa} \rightarrow$  Tính toán và lựa chọn lại dầm có tiết diện  $20 \times 35 \text{ cm}$ .

Khi đó,  $M_u = R_{bt} \times W_{bt} = 3,5 \times 102 \times 7000/106 = 2,45 \text{ T.m} > 2,37 \text{ T.m}$  (Nội lực lớn nhất thiết kế tính toán theo Etabs).

- Dựa trên kết quả tính toán và điều chỉnh lại, tiếp tục tiến hành thí nghiệm lần 2 để kiểm chứng.

##### *Sản xuất các cấu kiện nhà*

Các cấu kiện chịu lực dầm sau khi thiết kế được đúc tại Viện KHCN Xây dựng và thí nghiệm kiểm tra uốn phá hủy. Sau khi có kết quả thí nghiệm phù hợp với tính toán độ bền chịu lực, tiến hành triển khai sản xuất.

Một số hình ảnh sản xuất các cấu kiện chịu lực (dầm, cột, đế móng) bằng BTCS PVA (Hình 12).



**Hình 12. Sản xuất dầm, cột BTCS PVA với cốt gia cường Bazalt**



*Thi công lắp dựng nhà*

Thi công xây dựng nhà 1 tầng bằng bê tông cốt sợi phi kim được thực hiện tại khu đất thuộc Trạm kiểm soát biên phòng Lạch Hới, thôn Tân Xuân, xã Hoàng Phụ, huyện Hoàng Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Vị trí lắp dựng nhà cách mép biển khoảng gần 200 m, đảm bảo công trình hoàn toàn chịu ảnh hưởng của môi trường khí hậu ven biển. Một số hình ảnh thi công lắp dựng, nghiệm thu nhà thử nghiệm (Hình 13, Hình 14).



a) Thi công lắp dựng cột nhà 1 tầng



b) Thi công lắp dựng cột, dầm nhà 1 tầng



**Hình 13. Hoàn thiện nhà 1 tầng tại xã Hoàng Phụ, huyện Hoàng Hóa, tỉnh Thanh Hóa**



**Hình 14. Nghiệm thu nhà 1 tầng thử nghiệm tại Trạm kiểm soát biên phòng Lạch Hới, đồn biên phòng Hoàng Phụ, tỉnh Thanh Hóa**

*Tính toán hiệu quả kinh tế*

Hiệu quả kinh tế được tính toán bằng cách so sánh chi phí đầu tư ban đầu xây dựng công trình sử dụng BTCS và khi sử dụng BTCT truyền thống đồng thời ở điều kiện công trình có tuổi thọ 10 năm trở lên (tính cả chi phí bảo trì sau 10 năm).

Tính toán sơ bộ hiệu quả kinh tế sử dụng BTCS PVA trong xây dựng sau 10 năm được trình bày tại Bảng 8.

**Bảng 8. Kết quả tính toán hiệu quả kinh tế khi sử dụng BTCS PVA**

Nội dung chi phí	Tính toán	Chi phí (1000 đ)
Chi phí sản xuất cấu kiện tăng do sử dụng BTCS	CBTCS	24.956
Tổng chi phí xây dựng nhà thử nghiệm	C <sub>Tổng</sub> [a]	547.477 [b]
Tỷ lệ tăng chi phí do sử dụng BTCS (%)	CBTCS	4,6%
Chi phí bảo trì sau 10 năm:		
Sử dụng BTCT thường	CBT-C	30%
Sử dụng BTCS PVA	CBTCS	5%
Hiệu quả kinh tế sau 10 năm: (CBT-SC- CBTCS/C <sub>Tổng</sub> - CBTCS-SC)		20,4%

**Ghi chú:**

$$C_{\text{tổng}} = \text{Dài} \times \text{rộng} \times \text{suất vốn đầu tư} = 11,42 \text{ m} \times 7,7 \text{ m} \times 6.226.000 \text{ đ/m}^2 = 547.477.000 \text{ đồng}$$

- Giá trị công trình xác định theo suất vốn đầu tư công trình nhà ở có kết cấu khung chịu lực thuộc khu vực 2 theo Quyết định số 44/QĐ-BXD ngày 12/01/2020.



## 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 5.1. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu và thiết kế, sản xuất, xây dựng thử nghiệm nhà 1 tầng và các cấu kiện thành mỏng ở trên có thể rút ra một số kết luận sau:

- BTCS PVA có cường độ chịu uốn cao nhất khi sử dụng cốt liệu qua sàng 1,25 mm;

- BTCS sản xuất từ sợi PVA có tỷ lệ dùng tối ưu từ 0,5% đến 0,7% (theo thể tích) và làm tăng cường độ chịu kéo khi uốn thêm 25% đến 65% so với thành phần không có sợi;

- Tính chất cơ lý khác của BTCS PVA có hàm lượng sợi tối ưu đều cao hơn bê tông đối chứng;

- Với các dạng nhà biển đảo thấp tầng như trong đề tài có thể áp dụng tính toán kết cấu BTCS như kết cấu bê tông thông thường theo mục 6 tiêu chuẩn TCVN 5574: 2012. Để chống ăn mòn cho kết cấu BTCS, cần sử dụng cốt gia cường bazan thay cho cốt thép thông thường, hàm lượng sử dụng được tính toán theo tiêu chuẩn CΠ 295.1325800.2017.

- Bê tông cốt sợi PVA có thể sử dụng để sản xuất các cấu kiện chịu lực trong xây dựng các công trình ven biển.

- Sử dụng BTCS xây dựng các công trình nhà ở thấp tầng có khung chịu lực làm tăng thêm khoảng 4,6% chi phí đầu tư ban đầu so với khi sử dụng bê tông truyền thống, nhưng giảm chi phí đến 20,4% đối với công trình có tuổi thọ 10 năm trở lên do giảm chi phí bảo trì công trình.

### 5.2. Kiến nghị

- Tiếp tục nghiên cứu sản xuất BTCS PVA theo công nghệ “Phun”;

- Nghiên cứu mở rộng các lĩnh vực sử dụng hiệu quả BTCS để sản xuất các cấu kiện thành mỏng ứng dụng trong kiến trúc mặt ngoài, các cấu kiện thành mỏng sử dụng trong giao thông, thủy lợi, ...;

- Áp dụng kết quả nghiên cứu của đề tài để chế tạo các cấu kiện thành mỏng dùng cho xây dựng các công trình văn hóa và trang trí kiến trúc;

- Tiếp tục theo dõi nhà thử nghiệm để có đánh giá độ bền lâu của BTCS PVA trong môi trường biển đảo để khẳng định tuổi thọ của công trình.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Quốc Quang, Tăng Bích Thủy, Tống Văn Cường, Nguyễn Thành Long “*Gỗ nhân tạo trên cơ sở công nghệ xi măng – sợi và tiềm năng phát triển tại Việt Nam*”.
- [2] Abe J, Takeuchi Y, Japan; “*Development of Self-Compacting Premix GRC*” GRC 2011 Istanbul.
- [3] Kanda, T., and Li, V.C., “*Interface Property and Apparent Strength of a High Strength Hydrophilic Fiber in Cement Matrix*”, ASCE J. Materials in Civil Engineering, 10 (1) (1998) 5-13.
- [4] The International Glassfibre Reinforced Concrete Association (GRCA); “*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 2016.
- [5] Horikoshi T. “*Properties of Polyvinylalcohol fiber as reinforcing materials for cementitious composites*”.
- [6] Wei Hu, Yang Xingguo, Zhou Jiawen - State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering; Huige Xing- Colleges of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China; Jian Xiang- Sino Hydro Bureau 7 CO., Ltd., Sino Hydro Group Ltd., Chengdu, 610081, China; “*Experimental Research on the Mechanical Properties of PVA Fiber Reinforced Concrete*”; Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 5(18): 4563-4567, 2013 ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467, ©" Maxwell Scientific Organization, 2013.
- [7] De Fazio, Piero. “*Bazalt fiber: from earth an ancient material for innovative and modern application*”. Italian national agency for new technologies, energy and sustainable economic development (in English and Italian). Retrieved 17 December 2018.16