

Nghiên cứu ảnh hưởng của cốt sợi phân tán đến một số tính chất của bê tông trong môi trường ăn mòn

Study on the effect of dispersed fiber reinforcement on some properties of concrete in corrosive environment

> NGUYỄN THỊ THẮNG, VŨ PHƯƠNG LÊ

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT:

Trong công trình biển, bê tông là một trong những loại vật liệu được nhiều nhà thiết kế vật liệu lựa chọn sử dụng. Tuy nhiên, bê tông sử dụng trong công trình biển có những yêu cầu đặc biệt hơn bê tông thông thường vì phải chịu tác động ăn mòn xâm thực của các yếu tố ăn mòn chứa trong nước và khí quyển biển. Bài báo này trình bày nghiên cứu sử dụng một số loại cốt sợi phân tán để cải thiện khả năng chống ăn mòn cho bê tông cường độ cao M80 trong môi trường chứa SO_4^{2-} , Cl^- . Các loại cốt sợi sử dụng gồm sợi kích thước lớn và sợi kích thước nhỏ. Sợi kích thước lớn gồm: sợi thép Dramix RC-80/60-BN (chiều dài 60 mm), sợi polyme Mega Mesh MG-70/55 (chiều dài 55 mm); sợi kích thước nhỏ: sợi polyme gốc polypropylene (PP) (chiều dài 18 mm). Sợi kích thước nhỏ dùng với hàm lượng 0,2% và sợi kích thước lớn dùng với hàm lượng 0,4% tính theo thể tích bê tông. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, cốt sợi phân tán hoàn toàn có khả năng chống nứt, hạn chế khả năng mở rộng vết nứt cho bê tông, từ đó cải thiện độ chịu lực và khả năng chống ăn mòn cho bê tông khi phải làm việc trong điều kiện có tác nhân ăn mòn.

Từ khóa: Ăn mòn biển; bê tông cốt sợi; độ sụt; độ bền nén; độ bền uốn; kích thước sợi.

ABSTRACT:

In marine construction, concrete is one of the materials chosen by many material designers. However, concrete used in marine works has special requirements than ordinary concrete because it is subject to corrosive effects of corrosive elements contained in water and marine atmosphere. This paper presents a study on using some types of dispersed fiber reinforcement to improve the corrosion resistance of high - strength concrete M80 in the environment containing SO_4^{2-} , Cl^- . Types of reinforcement used include large size yarn and small size yarn. Large size yarns include: Dramix steel yarn RC-80/60-BN (length 60 mm), Mega Mesh polymer yarn MG-70/55 (length 55 mm); microfiber: polypropylene (PP) - based polymer fiber (length 18 mm). Small size fibers are used with a content of 0,2% and large fibers are used with a content of 0,4% by volume of concrete. The research results show that the fully dispersed fiber reinforcement is resistant to cracking, limiting the ability to widen the cracks for concrete, thereby improving the bearing strength and corrosion resistance of concrete when required working in corrosive conditions.

Keyword: Marine corrosion; fiber reinforced concrete; slump; compressive strength; flexural strength; fiber size.

1. GIỚI THIỆU

Môi trường biển là nguyên nhân gây hư hại chủ yếu đến cấu trúc của bê tông & bê tông cốt thép trong các công trình biển và ven biển. Quá trình ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển diễn ra theo nhiều cơ chế khác nhau. Bê tông nền có thể bị ăn mòn theo cơ chế ăn mòn vật lý, hóa học và cả do các sinh vật biển. Sau đó, kết cấu bê tông cốt thép bị phá hủy khi cốt thép bị ăn mòn điện hóa [1, 2].

Bê tông làm việc trong môi trường biển bị ăn mòn hóa học do tác động của các ion của các muối có trong nước biển lên thành

phần khoáng của đá xi măng, chủ yếu do ion SO_4^{2-} gây ăn mòn sunfat. Ion SO_4^{2-} có trong thành phần của nước biển trước tiên tác dụng với Ca(OH)_2 tạo thành thạch cao CaSO_4 , thạch cao tạo thành tác dụng tiếp với sản phẩm thủy hóa của khoáng C_3A tạo nên khoáng ettringite chứa nhiều nước kết tinh, tăng thể tích lên khoảng 2,5 lần phá hoại cấu trúc, gây nứt đá xi măng [1, 2].

Cốt thép ngay sau khi chế tạo trên bề mặt đã hình thành một lớp oxit mỏng có tác dụng ngăn cốt thép tiếp xúc với không khí. Khi được đặt trong bê tông đặc chắc, chưa bị cacbonat hoá, thì môi trường kiềm cao trong bê tông chính là điều kiện thuận lợi

để hình thành trên bề mặt của cốt thép một lớp oxit mỏng ngăn cản quá trình gỉ của cốt thép, đồng thời nó còn hạn chế những vết gỉ đã có trước trong quá trình bảo quản và gia công cốt thép. Hiện tượng ăn mòn cốt thép xảy ra khi lớp màng oxit thụ động trên bề mặt cốt thép bị xuyên thủng, khi đó trên bề mặt cốt thép xuất hiện vô số các pin tế vi với hai cực là anot và catot. Hiện tượng ăn mòn này xảy ra khi xuất hiện một trong hai hoặc cả hai điều kiện: Độ pH của bê tông tông ở miền tiếp giáp với cốt thép bị giảm, thấp hơn giá trị cần thiết để bảo toàn trạng thái thụ động; nồng độ của một số ion xâm thực, điển hình là Cl⁻, trong bê tông vượt quá giới hạn cho phép, gây mất tính ổn định của màng thụ động, là môi trường điện li tạo điều kiện cho cốt thép bị ăn mòn điện hoá [1, 2].

Với quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông, sản phẩm tạo thành là gỉ thép làm tăng thể tích so với cốt thép ban đầu, những sự biến đổi thể tích này tạo ra ứng suất lớn trong lớp bê tông bảo vệ làm xuất hiện các vết nứt trên kết cấu bê tông. Các vết nứt được hình thành ngay khi lớp oxit sắt (gỉ sắt) đạt chiều dày khoảng 0,1 mm. Khi ăn mòn do nguyên nhân cacbonat hoá lớp bê tông bảo vệ, các sản phẩm ăn mòn tích tụ xung quanh cốt thép. Ngược lại, do ion Cl⁻, các sản phẩm ăn mòn di chuyển trong hệ thống ngấm dẫn đến mặt ngoài bê tông. Sự ngấm các sản phẩm ăn mòn ra bề mặt bê tông cùng với sự hình thành các mao quản dẫn đến xuất hiện các vết nứt, làm bong tróc lớp bê tông bảo vệ. Đó là những dấu hiệu công trình bê tông cốt thép đã bị phá hoại, suy giảm khả năng chịu lực nghiêm trọng [1, 2].

Như vậy, có thể nói trong môi trường biển, ion SO₄²⁻, Cl⁻ tạo nên hiện tượng ăn mòn và phá hoại chủ yếu đối với bê tông và bê tông cốt thép.

Một biện pháp nâng cao tính chất của bê tông làm việc trong môi trường ăn mòn đang rất được quan tâm đó là sử dụng thêm cốt sợi phân tán. Bê tông cốt sợi (BTCS) được phát triển mạnh mẽ trong vòng 60 năm trở lại đây với lợi thế so với bê tông thường là chịu lực được ngay cả sau khi bê tông đã bị nứt, hạn chế hiện tượng nứt do co mềm và co khô trong bê tông, tăng khả năng chịu va đập, chịu mài. Hiệu quả của việc sử dụng cốt sợi phân tán cho bê tông công trình biển có thể kể tên như sau: nâng cao khả năng chống nứt, hạn chế sự mở rộng vết nứt của bê tông từ đó làm chậm quá trình xâm

nhập của tác nhân ăn mòn vào kết cấu; nâng cao khả năng chịu va chạm, chịu mài mòn, chống bong tróc cho bê tông làm việc trong môi trường biển; nâng cao được tính chất cơ học, khả năng chịu lực (đặc biệt là khả năng chịu kéo uốn và độ bền dẻo dai) cho bê tông khi chịu ăn mòn [3].

Hiện nay, có thể chia ra hai loại sợi sử dụng làm cốt sợi phân tán cho bê tông. Loại thứ nhất là các sợi kích thước nhỏ (vi sợi), thường có chiều dài sợi từ 5-20 mm, bao gồm các dạng sợi đơn, sợi thớ. Loại thứ hai là sợi kích thước lớn, thường có chiều dài từ 35-60 mm [3, 4].

Sợi kích thước nhỏ (vi sợi) thường có đường kính d < 0,1 mm. Sợi được sử dụng với hàm lượng thấp (thường dưới 0,2 % theo thể tích bê tông). Vi sợi được sử dụng phổ biến làm từ sợi polypropylene và sử dụng với mục đích kiểm soát các vết nứt do co ngót mềm khi bê tông chưa rắn chắc. Vi sợi chỉ có thể sử dụng với hàm lượng thấp vì nếu tăng lượng dùng sợi sẽ ảnh hưởng đến chất lượng bê tông và tác dụng nâng cao cường độ, độ bền dẻo dai cho bê tông là không đáng kể [3, 4].

Sợi kích thước lớn thường có đường kính d = 0,7-1,4 mm. Sợi được sử dụng với hàm lượng cao có thể lên đến 1% theo thể tích bê tông. Sợi loại này có tác dụng kiểm soát vết nứt trong bê tông đã cứng rắn đồng thời tăng độ bền dẻo dai, nâng cao khả năng chịu va đập và chống mài mòn cho bê tông [3, 4].

Mỗi loại sợi trên đều có đặc tính và khả năng riêng biệt khi sử dụng làm cốt sợi phân tán cho bê tông, từ đó nâng cao được chất lượng bê tông và có thể mở rộng phạm vi ứng dụng trong thực tế.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU SỬ DỤNG

Trong nghiên cứu sử dụng nguyên vật liệu gồm: Xi măng PC40 Bút Sơn có các tính chất đạt theo tiêu chuẩn TCVN 2682 : 2009 [5], khối lượng riêng 3,1 g/cm³, hàm lượng khoáng C₃A là 8,5% < 10% có thể được sử dụng chế tạo bê tông dùng cho công trình biển phù hợp với TCVN 9346:2012 [6]. Silica fume sử dụng của hãng Elkem có khối lượng riêng 2,20 g/cm³; thành phần hóa của xi măng, silica fume được thể hiện trong Bảng 1. Phụ gia siêu dẻo sử dụng là ACE388 của hãng Basf, có dung trọng là 1,08 g/cm³; nước sử dụng thỏa mãn theo TCVN 4506: 2012 [7] về nước dùng cho vữa và bê tông.

Bảng 1. Thành phần hóa của vật liệu sử dụng

Vật liệu	Thành phần hóa, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Xi măng	22,58	5,72	3,45	61,23	0,65	-	-	2,00
Silica fume	92,45	0,92	0,52	1,57	-	0,38	1,22	0,30

Cốt liệu lớn sử dụng đá dăm với cỡ hạt (5-10) mm, tính chất của cốt liệu được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của cốt liệu lớn

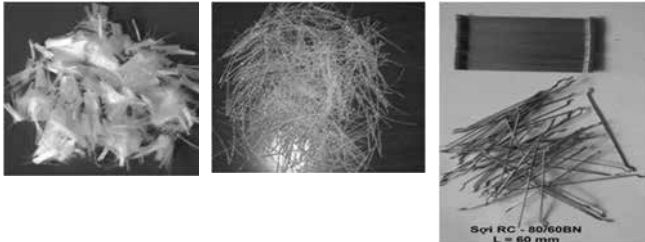
TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,71
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1 400
3	Khối lượng thể tích chọc chặt	kg/m ³	1 560
4	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,12
5	Độ ẩm bão hòa bề mặt	%	0,5
6	Cường độ nén đập trong xi lanh	%	7,7

Cốt liệu nhỏ trong để tài sử dụng cát vàng sông Lô. Các đặc tính kỹ thuật của cát được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 7572 : 2006 [8] và ASTM: C29/C29M [9]. Các tính chất kỹ thuật cát được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ bản của cát vàng

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,66
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1 480
3	Khối lượng thể tích chọc chặt	kg/m ³	1 620
4	Độ rỗng ở trạng thái chọc chặt	%	39,10
5	Độ rỗng ở trạng thái xốp	%	44,30
6	Độ ẩm tự nhiên	%	0,50
7	Độ ẩm bão hòa khô bề mặt	%	1,08
8	Mô đun độ lớn cát	-	2,578
9	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,2
10	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	-	Nhạt hơn
11	Thành phần hạt	%	Phù hợp

Trong nghiên cứu tác giả sử dụng các loại cốt sợi như sau: sợi polypropylene (PP) kích thước nhỏ, sợi kích thước lớn gồm sợi thép (TH) và sợi Mega Mesh (MG) (Hình 1). Các thông số kỹ thuật của sợi được thể hiện trong Bảng 4.



a) Sợi PP b) Sợi Mega Mesh
Hình 1. Các loại cốt sợi sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 4. Các thông số kỹ thuật của cốt sợi

STT	Thông số kỹ thuật	Loại sợi		
		Sợi PP	Sợi Mega Mesh MG – 55	Sợi thép RC-80/60-BN
1	Hình dạng sợi	Sợi thẳng	Sợi thẳng	Sợi thẳng 2 đầu neo
2	Hình dạng tiết diện ngang	Tròn	Tròn	Tròn
3	Chiều dài sợi (mm)	18	55	60
4	Đường kính (mm)	0,01	0,79	0,75
5	Tỷ lệ hướng sợi (l/d)	1 800	70	80
6	Khối lượng riêng (g/cm ³)	0,9	0,9	7,85
7	Mô đun đàn hồi (N/mm ²)	-	7 288	-
8	Cường độ chịu kéo (N/mm ²)	425	425	1 050
9	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	-	160-170	1 300-1 400
10	Nhiệt độ cháy (°C)	-	350	-
11	Độ bền kiềm và axit	-	Tốt	-

3. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

3.1. Xác định tính công tác của hỗn hợp bê tông

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định bằng cách thử độ sụt theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3106-1993 [10].

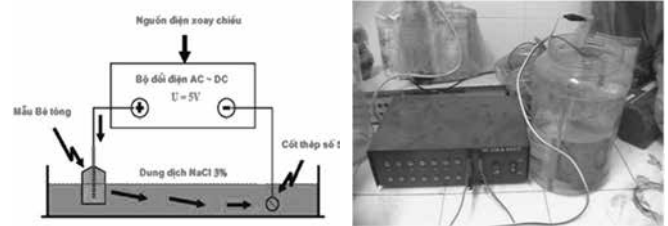
3.2. Xác định tính chất cơ học của bê tông cốt sợi trong điều kiện ăn mòn sunfat

Tiến hành ngâm mẫu bê tông trong dung dịch Na₂SO₄ nồng độ 50 g/l. Xác định cường độ nén với mẫu lập phương kích thước 150 x 150 x 150 mm ở các tuổi 7, 28 và 56 ngày; xác định cường độ uốn với mẫu kích thước 150 x 150 x 600 mm ở các tuổi 28 và 56 ngày.

3.3. Xác định khả năng ăn mòn nhanh cốt thép

Thí nghiệm ăn mòn nhanh cốt thép bằng phương pháp gia tốc theo tiêu chuẩn NT Build 356 của Na Uy [11]. Mẫu bê tông thí

nghiệm hình trụ kích thước d×h=100×200 mm, ở giữa có đặt cốt thép (tròn trơn, Ø10). Mẫu được tháo khuôn ở 1 ngày tuổi, bảo dưỡng trong nước t=20±5°C đến 14 ngày tuổi, sau đó bảo dưỡng trong không khí độ ẩm 50±5% ở 20°C đến 28 ngày tuổi. Thí nghiệm được tiến hành trong dung dịch NaCl nồng độ 3%. Các mẫu thử được nhúng một phần vào dung dịch NaCl 3%. Một dòng điện một chiều không đổi (DC) hiệu điện thế 5 vôn được lắp đặt, cốt thép của mẫu bê tông thử là điện cực dương và một thanh thép không gỉ khác làm điện cực âm. Mô hình thí nghiệm được thể hiện theo Hình 2.



Hình 2. Mô hình thí nghiệm phương pháp gia tốc NT Build 356

Sự khuếch tán clorua được ghi lại bằng cách đo dòng điện đi qua mẫu thử. Dòng điện tăng lên bởi tính thấm clorua và tăng mạnh khi các ion Cl⁻ bám vào thanh cốt thép, thúc đẩy tốc độ ăn mòn khi lớp màng bảo vệ trên bề mặt cốt thép bị phá vỡ. Tình trạng ăn mòn cục bộ là do sự hội tụ các ion Cl⁻ trên bề mặt cốt thép trong bê tông. Các sản phẩm của quá trình ăn mòn này có tính xốp, tích tụ trên bề mặt cốt thép với thể tích gấp khoảng 5 lần so với thành phần ban đầu, các sản phẩm ăn mòn này cũng thấm ra bên ngoài. Chính vì vậy đã gây nên ứng suất phá vỡ cấu trúc bê tông dọc theo vị trí đặt thép. Một thời gian sau sự gia tăng của dòng điện, mẫu thử sẽ bị nứt và xuất hiện nước màu nâu (gỉ sắt) được nhìn thấy trên bề mặt trên cùng, dọc theo thanh thép.

Sau khi dòng điện được bật, cường độ dòng điện qua mẫu thử được ghi lại cho đến khi mẫu thử xuất hiện vết nứt và gỉ cốt thép.

3.4. Cấp phối thí nghiệm

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết thiết kế thành phần BTCS, kết hợp kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây ở trong nước và trên thế giới, trong nghiên cứu này đã sử dụng cấp phối bê tông nền mác M80 có hàm lượng silicafume (SF) là 10% và hàm lượng phụ gia siêu dẻo (SD) là 1,1% so với khối lượng xi măng, để tiến hành các bước nghiên cứu về tính chất của BTCS. Trên cơ sở khảo sát, tác giả lựa chọn sử dụng các loại sợi với hàm lượng: sợi PP là 0,2%; sợi thép và sợi Mega Mesh là 0,4% theo thể tích bê tông. Tương ứng: lượng dùng sợi PP là 1,8 kg, lượng dùng sợi thép là 31,4 kg và sợi Mega Mesh là 3,6 kg tính cho 1 m³ bê tông. Chi tiết về các cấp phối dùng trong nghiên cứu được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5. Cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

Vật liệu sử dụng cho 1m ³ bê tông (kg)										
TT	Ký hiệu CP	XM	SF	Cát	Đá	Sợi Thép	Sợi MG	Sợi PP	SD	Nước
1	M80 ĐC	590	59	638	958	-	-	-	6,5	177
2	M80 PP	590	59	638	958	-	-	1,8	6,5	177
3	M80 MG	590	59	638	958	-	3,6	-	6,5	177
4	M80 TH	590	59	638	958	31,4	-	-	6,5	177
5	M80 TH+PP	590	59	638	958	31,4	-	1,8	6,5	177

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tiến hành xác định các tính chất của BTCS: tính công tác; cường độ nén theo các tuổi 7, 28 và 56 ngày; cường độ chịu uốn theo các tuổi 28

và 56 ngày. Mẫu thử cường độ bê tông được ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 nồng độ 50 g/l. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm các tính chất của BTCS

TT	Ký hiệu CP	Độ sụt, cm	Cường độ nén theo tuổi, MPa			Cường độ chịu uốn theo tuổi, MPa	
			7 ngày	28 ngày	56 ngày	28 ngày	56 ngày
1	M80 ĐC	20	66,5	76,3	65,5	5,28	4,2
2	M80 PP	16	68,8	78,7	76,2	5,7	5,1
3	M80 MG	19	70,6	81,7	80	7,66	7,22
4	M80 TH	18,5	71,3	82,2	80,7	9,17	8,39
5	M80 TH+PP	15	70,6	81,9	80,7	9,21	8,41

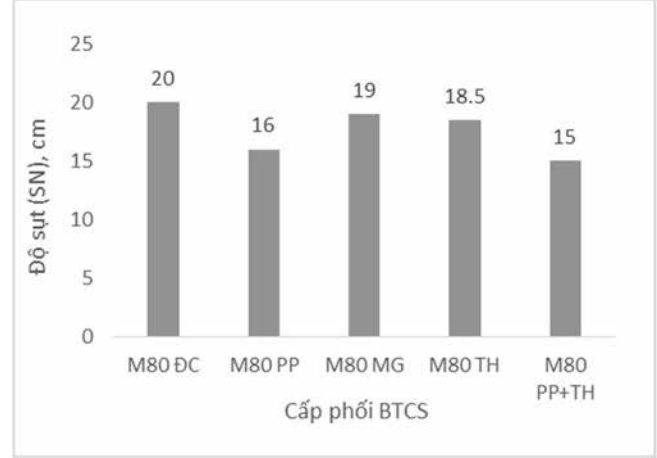
4.1. Tính công tác

Kết quả kiểm tra độ sụt của hỗn hợp bê tông được thể hiện trong Hình 3. Khi đưa sọt vào, tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm đi so với mẫu đối chứng do sự có mặt của cốt sợi phân tán gây cản trở sự dịch chuyển của các hạt cốt liệu. Sợi nhỏ PP làm giảm tính công tác hơn sợi kích thước lớn, độ sụt của hỗn hợp bê tông cốt sợi PP là 16 cm trong khi độ sụt của mẫu đối chứng là 20 cm. Vì sợi PP hàm lượng tuy ít (0,2% thể tích bê tông) nhưng số lượng sợi lại rất nhiều, kích thước sợi nhỏ dễ bị rối trong quá trình trộn, cộng thêm bề mặt sợi khô ráp sẽ dễ dàng cản trở sự dịch chuyển của các hạt cốt liệu, tăng nội ma sát trong hỗn hợp bê tông nhiều hơn, từ đó làm suy giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Vì các lý do trên, mẫu sử dụng kết hợp sợi PP và sợi thép cho độ sụt thấp nhất (15 cm).

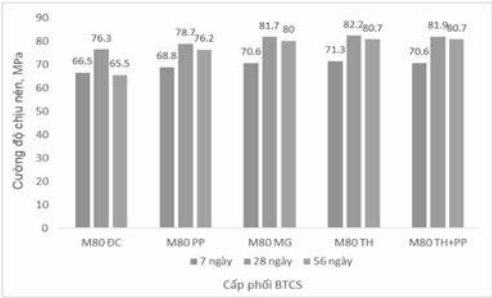
4.2. Cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén của BTCS được xác định trên các mẫu lập phương, kích thước 150 x 150 x 150 mm, mẫu được ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 nồng độ 50 g/l. Bài báo tiến hành xác định cường độ nén ở các tuổi 7 ngày, 28 ngày và 56 ngày.

Kết quả cường độ nén các mẫu thử được thể hiện trong Hình 4. Cường độ chịu nén ở tuổi 7 ngày và 28 ngày của các cấp phối BTCS cao hơn so với cường độ chịu nén của cấp phối đối chứng, nhưng tăng không nhiều (tăng 3-7 % ở tuổi 7 ngày, tăng 3-8 % ở tuổi 28 ngày). Đến tuổi 56 ngày, mức độ cải thiện cường độ nén của bê tông của cốt sợi đã tăng lên đáng kể (tăng 16-23 %). Điều này có thể được lý giải vì trong môi trường SO_4^{2-} bê tông bị ăn mòn, thời gian càng lâu dài hiện tượng ăn mòn càng mạnh, bê tông xuất hiện các vết nứt. Lúc này cốt sợi phát huy vai trò chống nứt, hạn chế mở rộng vết nứt, ngăn cản sự xâm nhập của tác nhân ăn mòn [12, 13].



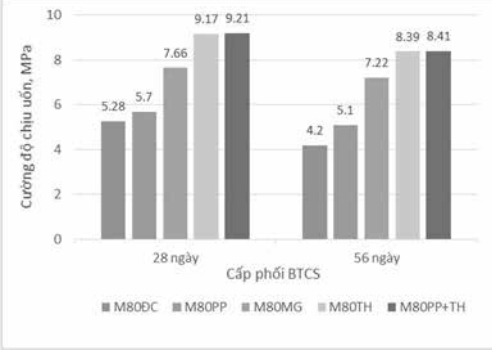
Hình 3. Độ sụt của hỗn hợp BTCS



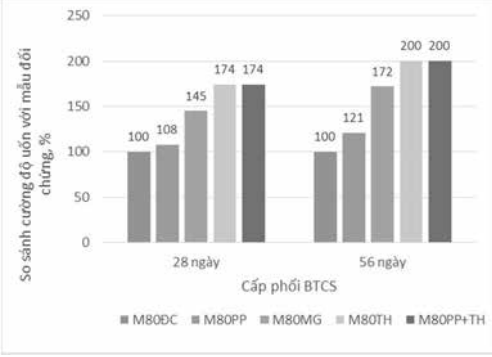
Hình 4. Cường độ chịu nén của BTCS

4.3. Cường độ chịu uốn

Cường độ chịu uốn của BTCS được xác định trên các mẫu kích thước 150 x 150 x 600 mm, mẫu được ngâm trong dung dịch Na_2SO_4 nồng độ 50 g/l. Để tài tiến hành xác định cường độ uốn ở các tuổi 28 ngày và 56 ngày. Sự khác biệt về khả năng nâng cao cường độ uốn giữa các nhóm bê tông cốt sợi được thể hiện thông qua giá trị % khi so sánh với cường độ uốn của mẫu bê tông đối chứng. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình 5, Hình 6.



Hình 5. Cường độ chịu uốn của BTCS



Hình 6. So sánh cường độ chịu uốn của BTCS với mẫu đối chứng

Trong điều kiện ăn mòn, cốt sợi làm tăng cường độ chịu uốn của bê tông so với bê tông đối chứng. Thời gian chịu ăn mòn càng lâu dài thì hiệu quả tăng cường độ uốn cho bê tông của cốt sợi càng thể hiện rõ ràng. Trong đó:

-Sợi PP làm tăng cường độ uốn ít nhất (tăng 8% ở tuổi 28 ngày, 21% ở tuổi 56 ngày), vì loại sợi này kích thước rất nhỏ, cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi thấp nên không cải thiện được nhiều khả năng chịu uốn của bê tông. Tuy nhiên ở tuổi 56 ngày, cường độ chịu uốn của mẫu BTCS này cũng tăng đến 21% so với mẫu đối chứng. Điều này cho thấy trong điều kiện ăn mòn lâu dài, cốt sợi PP đã phát huy vai trò hạn chế các vết nứt nhỏ trong bê tông từ đó ngăn cản hiệu quả sự xâm nhập của tác nhân ăn mòn gây phá hủy bê tông, giúp cải thiện cường độ chịu uốn.

-Sợi kích thước lớn (sợi thép, sợi Mega Mesh) cải thiện rất tốt cường độ chịu uốn của bê tông: tuổi 28 ngày tăng lần lượt 74 và 45%; tuổi 56 ngày tăng lần lượt lên tới 100 và 72% cụ thể đạt 8,39 và 7,22 MPa. Vì các loại sợi này cường độ kéo và mô đun đàn hồi lớn, khi bê tông chịu uốn xảy ra sự truyền ứng suất sang sợi vì vậy nâng cao được khả năng chịu uốn của bê tông [12]. Sợi thép có cường độ

kéo và mô đun đàn hồi cao hơn nên hiệu quả cải thiện khả năng chịu uốn cũng tốt hơn sợi Mega Mesh.

-Sự kết hợp giữa sợi PP và sợi thép cũng giúp cải thiện tốt cường độ chịu uốn của bê tông. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện cường độ chịu uốn khi kết hợp hai loại cốt sợi này gần như tương đương với chỉ sử dụng cốt sợi thép (đều tăng 74% ở tuổi 28 ngày và 100% ở tuổi 56 ngày khi so với mẫu đối chứng). Vì sợi thép là loại sợi kích thước lớn có đặc tính nổi bật, có khả năng chống nứt, tăng cường độ chịu uốn hiệu quả hơn sợi kích thước nhỏ.

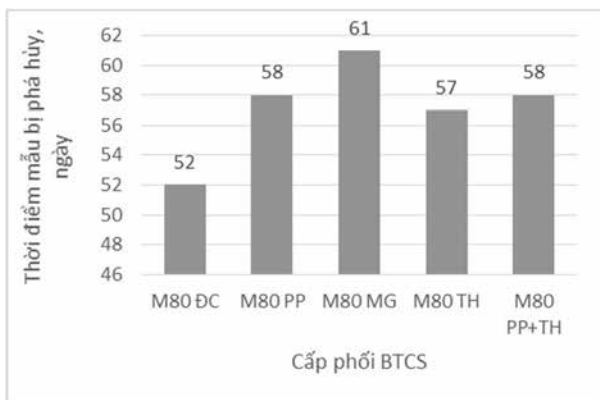
- Thời gian chịu ăn mòn càng lâu, hiệu quả cải thiện cường độ uốn bê tông của cốt sợi càng rõ ràng (tuổi 28 ngày: tăng 8-74%; tuổi 56 ngày: tăng 21-100% so với mẫu đối chứng), vì khi đó cốt sợi phát huy tốt vai trò chống nứt và hạn chế mở rộng vết nứt cho bê tông, từ đó hạn chế sự xâm nhập của tác nhân ăn mòn, bảo vệ cấu trúc bê tông [12, 13, 14].

4.4. Thí nghiệm khả năng ăn mòn nhanh cốt thép

Tiến hành đo dòng điện qua mẫu đến khi mẫu xuất hiện vết nứt và vết gỉ thép trên bề mặt. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 7, Hình 7, Hình 8.

Bảng 7. Kết quả đo dòng ăn mòn theo phương pháp gia tốc

Thời gian, ngày	Cường độ dòng điện I (mA)					Tình trạng bề mặt mẫu
	M _{80ĐC}	M _{80PP}	M _{80MG}	M _{80TH}	M _{80PP+TH}	
0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2	Bình thường
1	1,2	1,2	1,2	1,54	1,48	-
2	1,2	1,3	1,2	1,63	1,57	-
3	1,3	1,3	1,2	1,82	1,78	-
4	1,5	1,6	1,3	2,09	2,05	-
5	1,7	1,8	1,6	2,34	2,31	-
10	2,1	2,2	2,1	2,53	2,46	-
15	2,2	2,3	2,3	2,62	2,54	-
20	2,3	2,5	2,5	2,84	2,73	-
25	2,6	2,5	2,7	3,19	3,08	-
30	3,3	3,2	3,2	3,44	3,33	-
35	3,7	3,5	3,5	3,63	3,58	-
40	3,9	3,6	3,6	3,73	3,80	-
45	3,9	3,8	3,8	4,03	4,11	-
52	5,1	4,2	4,0	4,26	4,34	M _{80ĐC} xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép
55	-	4,4	4,3	4,4	4,5	-
57	-	4,7	4,5	5,8	4,8	M _{80TH} xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép
58	-	5,9	4,7	-	6,1	M _{80PP} , M _{80PP+TH} xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép
61	-	-	6,3	-	-	M _{80MG} xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép



Hình 7. Thời điểm mẫu BTCS bị phá hủy do ăn mòn trong điều kiện gia tốc



Hình 8. Mẫu BTCS sau khi thí nghiệm ăn mòn gia tốc

Các mẫu BTCS chậm bị phá hủy hơn mẫu bê tông đối chứng vì cốt sợi phát huy tốt vai trò chống nứt và hạn chế mở rộng vết nứt, ngăn cản sự xâm nhập của ion Cl^- vào trong bê tông, làm chậm quá trình ăn mòn điện hóa cốt thép [3, 15].

Mẫu đối chứng bị phá hủy ở 52 ngày. Sau mẫu đối chứng, mẫu bê tông cốt sợi thép xuất hiện vết nứt và gỉ nhẹ cốt thép sớm nhất (tại 57 ngày), vì cốt sợi thép tuy có hiệu quả ngăn cản sự mở rộng vết nứt tốt nhưng cốt sợi thép cũng dễ bị ăn mòn. Sợi nhỏ PP phát huy tốt vai trò chống nứt cho bê tông do co méo trong giai đoạn đầu từ đó hạn chế sự xâm nhập của ion Cl^- , đồng thời loại sợi này chống ăn mòn tốt, vì vậy mẫu thử sử dụng loại sợi này chống ăn mòn khá tốt, chậm xuất hiện vết gỉ thép trên bề mặt (58 ngày). Sự kết hợp sợi nhỏ PP và sợi thép cho hiệu quả chống nứt, hạn chế sự mở rộng vết nứt tốt, nên mặc dù sợi thép cũng bị ăn mòn, mẫu bê tông sử dụng hai loại sợi này vẫn kéo dài khả năng chống ăn mòn, gỉ thép xuất hiện tại 58 ngày. Mẫu bê tông sử dụng sợi Mega Mesh chậm bị phá hủy nhất (61 ngày), điều này có thể lý giải vì sợi polyme dạng thô có khả năng chống nứt tốt, đồng thời đây là loại sợi bền hóa, chống ăn mòn tốt.

5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này tác giả sử dụng các loại cốt sợi để chế tạo BTCS, nghiên cứu một số tính chất của BTCS và rút ra một số kết luận như sau:

- BTCS có tính công tác kém hơn bê tông đối chứng: các mẫu BTCS có độ sụt thấp hơn từ 5-25% so với mẫu đối chứng. Sợi kích thước nhỏ làm suy giảm tính công tác nhiều hơn sợi kích thước lớn. Sợi Mega Mesh làm giảm tính công tác ít nhất (giảm 5%). Khi sử dụng kết hợp hai loại sợi, hàm lượng sợi nhiều hơn làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông nhiều nhất (giảm 25%).

- Trong môi trường dung dịch Na_2SO_4 nồng độ 50 g/l, cốt sợi đã cải thiện đáng kể khả năng chịu lực của bê tông, thời gian chịu ăn mòn càng dài xu hướng cải thiện này của cốt sợi càng rõ rệt.

Cường độ chịu nén của BTCS tăng so với cường độ chịu nén của bê tông đối chứng, (ở 28 ngày: tăng 3-8%, 56 ngày: tăng 16-23%).

Cốt sợi cải thiện tốt cường độ chịu uốn của bê tông. Trong đó: sợi kích thước lớn (sợi thép, sợi Mega Mesh) làm tăng rất tốt cường độ chịu uốn của bê tông (28 ngày: tăng lần lượt 74% và 45%, 56 ngày: tăng lần lượt 100% và 72% so với mẫu đối chứng)

- Trong môi trường dung dịch NaCl 3% với điều kiện ăn mòn gia tốc, cốt sợi làm chậm quá trình phá hủy bê tông do ăn mòn: mẫu bê tông đối chứng bị phá hủy tại 52 ngày; mẫu bê tông sợi PP, sợi Mega Mesh, sợi thép bị phá hủy lần lượt tại 58, 61 và 57 ngày.

Với các kết quả trên nhận thấy, cốt sợi phân tán hoàn toàn có khả năng chống nứt, hạn chế khả năng mở rộng vết nứt cho bê tông, từ đó cải thiện độ chịu lực và khả năng chống ăn mòn cho bê tông khi phải làm việc trong điều kiện có tác nhân ăn mòn. Đây là tiền đề để ứng dụng bê tông cốt sợi làm các kết cấu cho các công trình ven biển, hải đảo.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi để tác giả thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Hữu Hạnh, Lê Trung Thành, Nguyễn Văn Tuấn. Bê tông cho công trình biển, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2012.

2. Cao Duy Tiến và các cộng tác viên. Nghiên cứu các điều kiện kỹ thuật nhằm đảm bảo độ bền lâu cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép ở vùng biển Việt Nam, Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ, ĐTDL-40/94, Viện KHCNXD, Hà Nội, 1999.

3. Jonas Carlswärd. Shrinkage Cracking of Steel Fiber Reinforced Self Compacting Concrete Overlays, Test Methods and Theoretical modelling, Doctoral Thesis, Department of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå tekniska Universitet, S-971 87 Luleå, Sweden, 2006.

4. Hằng Timuran. Bê tông cốt sợi polyme, Xaydung360.vn, 2010.

5. TCVN 2682 : 2009. Xi măng pooc lăng - Yêu cầu kỹ thuật.

6. TCVN 9346 : 2012. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển.

7. TCVN 4506 : 2012. Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

8. TCVN 7572 : 2006. Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.

9. ASTM C29/C29M. Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.

10. TCVN 3106 : 1993. Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt.

11. NT Build 356. Concrete, repairing materials and protective coating embedded steel method, chloride permeability.

12. Le T. T. Ultra Performance Fibre Reinforced Concrete paving Flags, PhD Thesis, University of Liverpool, 2008.

13. Gowripalar N, Mohamed H. M. Chloride in induced corrosion of galvanized and ordinary steel reinforcement in high performance concrete, Australia, 1998.

14. Y Li, Y G Deng. Mechanical properties and corrosion resistance of high performance fiber-reinforced concrete with steel or amorphous alloy fibers, Materials Research Express, No.8 (2021).

15. Romain Rodrigues, Stéphane Gaboreau, Julien Gance, Ioannis Ignatiadis, Stéphanie Betelu. Reinforced concrete structures: A review of corrosion mechanisms and advances in electrical methods for corrosion monitoring, Construction and Building Materials, No.269 (2021).

16. Abu Sayed Mohammad Akid, Qudrati Al Wasiew, Md. Habibur, Rahman Sobuz, Touhidur Rahman, Vivian WY Tam. Flexural behavior of corroded reinforced concrete beam strengthened with jute fiber reinforced polymer, Advances in Structural Engineering, Vol 24 (2021), 1269-1282.

17. Masoud Abedini, Ebrahim Akhlaghi, Javad Mehrmashhadi, Mohamed H Mussa, Mohammad Ansari, Tohid Momeni. Evaluation of Concrete Structures Reinforced with Fiber Reinforced Polymers Bars: A Review, Journal of Asian Scientific Research, NO. 5 (2017).

18. Bahekar, Prasad V, Gadve, Sangeeta S. Corrosion of rebar in carbon fiber reinforced polymer bonded reinforced concrete, Advances in concrete construction, Vol 8 (2019), 247-255.

19. Nguyễn Thành Công, Hoàng Phó Uyên. Nghiên cứu bê tông cốt sợi thủy tinh để sử dụng cho công trình thủy lợi ven biển, Tạp chí KH&CN Thủy lợi, (08/2018).

20. Nguyễn Quang Phú. Thiết kế bê tông cốt sợi ứng dụng cho công trình thủy lợi, Tạp chí Khoa học Lạc Hồng, Số đặc biệt (11/2017), 73-76.