

XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀI CỐT SỢI THỦY TINH KHÁNG KIỀM HỢP LÝ ĐỂ SẢN XUẤT BÊ TÔNG ỨNG DỤNG CHO CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

DETERMINATION OF REASONABLE LENGTH OF ALKALI-RESISTANT GLASS FIBER TO PRODUCT THE FIBER REINFORCED CONCRETE APPLICATIONS FOR IRRIGATION WORKS

PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚ

Khoa Công trình, Trường đại học Thủy lợi

Email: phuvlxd99@gmail.com

Tóm tắt: Sử dụng cốt sợi thủy tinh kháng kiềm, kết hợp phụ gia khoáng tro bay và phụ gia siêu dẻo giảm nước để chế tạo bê tông cốt sợi có cường độ nén từ M30 đến M50. Xác định chiều dài cốt sợi thủy tinh kháng kiềm hợp lý $l_{sợi} = (2 \div 2,5)D_{max}$ của cốt liệu thô sẽ đạt được hiệu quả tốt nhất cho bê tông cốt sợi. Bê tông cốt sợi thiết kế có tính công tác tốt, cường độ nén, cường độ kéo uốn cao và mác chống thấm cao, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thi công các công trình thủy lợi và công trình biển. Bê tông cốt sợi thủy tinh kháng kiềm làm tăng khả năng chịu uốn của bê tông, làm giảm hiện tượng nứt mặt của bê tông và không bị ăn mòn trong môi trường nước biển.

Từ khóa: Bê tông cốt sợi; cốt sợi thủy tinh kháng kiềm; tro bay; phụ gia siêu dẻo; cốt liệu thô.

Abstract: Using alkali-resistant glass fiber, combining fly ash and water reducing superplasticizers to manufacture fiber-reinforced concrete with compressive strength from M30 to M50. Determining the reasonable length of alkali resistant glass fiber $l = (2 \div 2,5)D_{max}$ of coarse aggregate will achieve the best effect for fiber reinforced concrete. The fiber-reinforced concrete is designed with good workability, high compressive strength, high split tensile strength and high waterproofing grade, meeting the technical requirements for construction of irrigation and marine works. Alkali-resistant glass fiber reinforced concrete increases the flexural strength of concrete, reduces surface cracking of concrete and does not corrode in seawater environment.

Key words: fiber-reinforced concrete; alkali-resistant glass fiber; fly ash; superplasticizer; coarse aggregates.

1. Đặt vấn đề

Bê tông cốt thép đã và đang trở thành loại vật liệu xây dựng phổ biến trong thiết kế thi công các

công trình xây dựng dân dụng, giao thông, thủy lợi... đối với Việt Nam nói riêng và trên toàn Thế giới nói chung (PGS. TS. Nguyễn Như Quý, 2015; P.K. Mehta, 1980). Tuy nhiên, với điều kiện khoa học công nghệ, vật liệu xây dựng và môi trường ở Việt Nam hiện nay, nhiều công trình hoặc bộ phận kết cấu bằng bê tông cốt thép đã phát sinh vết nứt ngay trong giai đoạn thi công hoặc chỉ sau một thời gian ngắn sử dụng.

Khi các công trình này đưa vào sử dụng một thời gian thì chịu tác động của môi trường làm việc và gây nên hiện tượng xâm thực và phá hoại các kết cấu; bởi vì bản thân bê tông là vật liệu giòn, cường độ nén tuy khá cao, nhưng cường độ kéo uốn của bê tông chỉ bằng 1/15 đến 1/10 so với khả năng chịu nén, nên nhiều công trình hoặc bộ phận kết cấu bằng bê tông cốt thép đã phát sinh vết nứt ngay trong giai đoạn thi công hoặc chỉ sau một thời gian ngắn sử dụng.

Để giảm nứt và tăng khả năng kéo uốn của bê tông, đã sử dụng rất nhiều biện pháp như: căng kéo cốt thép dự ứng lực, dùng các chất phụ gia chống co ngót, bố trí các loại cốt thép đặc biệt tại các vị trí cần thiết... Tuy nhiên, sau khi áp dụng, người ta nhận ra rằng các giải pháp này không phải trường hợp nào cũng có thể phát huy được tác dụng của nó. Bên cạnh đó, các giải pháp để tăng cường khả năng chịu lực của bê tông thông qua việc thay đổi một số tính chất của vật liệu này bằng việc cho thêm vào bê tông một số phụ gia khoáng siêu mịn như muối silic và đặc biệt là việc chế tạo bê tông sử dụng cốt sợi (Viện Khoa học công nghệ xây dựng, 1999; Viện KHKT GTVT, 1989; Ir. Richard 2000).

Sử dụng bê tông cốt sợi thay thế bê tông thông thường là một ý tưởng cần được quan tâm trong xây dựng công trình. Đây là giải pháp hiệu quả, giúp tăng cường độ kéo uốn cho bê tông thông qua các vật liệu dạng sợi (Eng. Pshtivan, N. Shakor, Prof.S.S. Pimplikar, 2011; AFGC-SETRA, 2002). Bê

tông khi sử dụng cốt sợi sẽ cho sản phẩm bê tông mới có tính ưu việt hơn bê tông thông thường cả về cường độ và độ bền; bê tông chế tạo có khả năng chịu va đập và chống nứt tốt, độ mài mòn thấp và mức chống thấm cao, bê tông có khả năng chống xâm thực tốt khi làm việc trong môi trường nước có các tác nhân xâm thực mạnh như môi trường nước biển, môi trường nước thải của các khu nuôi trồng thủy sản và các khu công nghiệp.

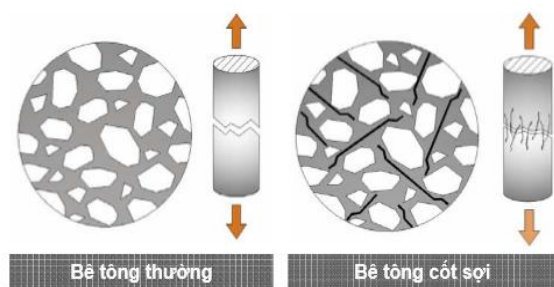
Đứng trước nhu cầu thực tiễn xây dựng các công trình Thủy lợi và công trình biển, lựa chọn hướng nghiên cứu “*sử dụng cốt sợi thủy tinh kháng kiềm thiết kế bê tông dùng cho các công trình Thủy lợi và công trình biển*”. Thông qua các kết quả nghiên cứu, đề tài nhằm tìm ra loại cốt sợi phù hợp và thiết kế bê tông cốt sợi tối ưu, khắc phục những nhược điểm của bê tông thông thường; từ đó kiến nghị để có thể áp dụng vào thi công các công trình Thủy lợi và công trình biển, đảm bảo độ bền và tăng tuổi thọ của công trình.

Đề tài đã sử dụng cốt sợi thủy tinh kháng kiềm, kết hợp phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao (phụ gia hóa dẻo thế hệ mới) và các vật liệu xây dựng chế tạo bê tông thông thường (xi măng, cát, đá, nước, phụ gia khoáng) để thiết kế thành phần bê tông cốt sợi cho các mức thiết kế M30, M40 và M50 (MPa).

2. Những đặc trưng cơ bản của bê tông cốt sợi

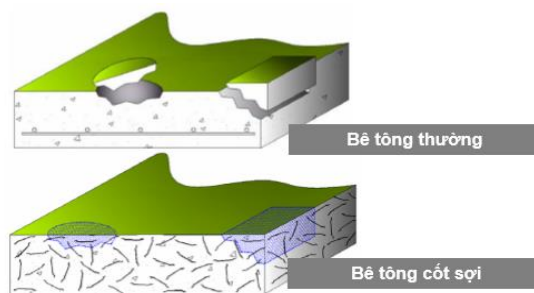
2.1 Tính năng kỹ thuật

- Khả năng chịu kéo: Bê tông thông thường chịu kéo kém, khi sử dụng một phần cốt sợi thay thế trong thành phần bê tông sẽ cải thiện đặc tính của bê tông đó là tăng cường khả năng chịu kéo cho bê tông [Ir. Richard, 2000; GS. TS. Phạm Duy Hữu, 2012].



Hình 1. Khả năng chịu kéo của bê tông cốt sợi

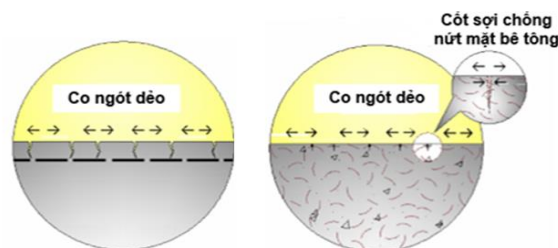
- Tính dẻo dai: Bê tông là vật liệu giòn nên sự có mặt của cốt sợi trong cấu trúc bê tông sẽ làm tăng cường tính dẻo dai cho bê tông.



Hình 2. Tính dẻo dai của bê tông cốt sợi

- Khả năng chịu va đập, mài mòn tốt: Cốt sợi gia cường theo tất cả mọi hướng. Tăng tối đa khả năng chịu va đập và mài mòn cho bê tông;

- Khả năng chống nứt: Sự có mặt của cốt sợi trong thành phần bê tông làm tăng khả năng chống nứt do co ngót của bê tông. Vì cốt sợi có tính hút và giữ nước rất tốt, nên trong quá trình thi công tránh được hiện tượng bay hơi nước bề mặt, gây co ngót bê tông.



Hình 3. Khả năng chống nứt của bê tông cốt sợi

2.2 Ưu điểm về kết cấu

Kết cấu bê tông khi sử dụng cốt sợi sẽ tăng khả năng kháng uốn, tăng độ bền mỗi khi chịu tải trọng động, tăng khả năng chịu va đập và mài mòn, tăng cường độ chịu kéo và chịu cắt, tăng khả năng chống chọc thủng, giảm hiện tượng co ngót, nứt bề mặt và tăng hiệu quả khống chế co ngót từ đó tăng tuổi thọ cho công trình.

2.3 Ưu điểm thi công

Bê tông khi sử dụng cốt sợi trong thi công sẽ không xảy ra lỗi đặt cốt thép sai và cong vênh, tăng khả năng chống sụt mẻ cạnh cấu kiện, giảm chiều dày của sàn, rút ngắn thời gian thi công; thuận tiện trực tiếp rót bê tông xuống sàn, tăng khoảng cách giữa các khe co ngót, tiết kiệm cho phí vật liệu và nhân công.

3. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

3.1 Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PC40 thiết kế bê tông cốt sợi; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

măng như trong bảng 1. Xi măng sử dụng trong nghiên cứu đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009.

Bảng 1. Chỉ tiêu cơ lý của xi măng

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,12
2	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,09)	%	3,2
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,1
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	112
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	316
5	Độ ổn định thể tích	mm	2,1
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	N/mm ²	36,0
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	N/mm ²	49,2

3.2 Tro bay

Phụ gia khoáng là tro bay Phả Lại được sử dụng trong việc thay thế một phần xi măng trong

thành phần bê tông của đề tài. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của tro bay đạt yêu cầu theo TCVN1032:2014.

Bảng 2. Tính chất của tro bay Phả Lại

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Độ ẩm	%	0,28
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	944
3	Tỷ trọng	g/cm ³	2,24
4	Hàm lượng mất khi nung	%	3,08
5	Hàm lượng SiO ₂	%	50,98
6	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	%	10,34
7	Hàm lượng Al ₂ O ₃	%	31,27
8	Hàm lượng SO ₃	%	0,15

3.3 Cốt liệu mịn (Cát)

Cát dùng trong thí nghiệm là cát lấy ở công trình xây dựng và được đưa về Phòng nghiên cứu vật liệu để thí nghiệm. Cát thí nghiệm là cát loại vừa,

kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của cát được trình bày trong bảng 3. Cát dùng chế tạo bê tông có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570-2006.

Bảng 3. Tính chất của cát

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,67
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,61
3	Độ hồng	%	39,7
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,96
5	Mô đun độ lớn	-	3,06
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
7	Thành phần hạt	-	Đạt

3.4 Cốt liệu thô (đá dăm)

Đá dăm Granit dùng thi công công trình đã được đề tài thực hiện thí nghiệm, đá dăm cỡ hạt (5-20)mm có thành phần hạt đạt tiêu chuẩn TCVN

7570-2006. Tính chất cơ lý của cốt liệu thô (đá dăm) được trình bày tại bảng 4. Đá dăm có các tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông theo TCVN 7570:2006.

Bảng 4. Tính chất của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,75
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,68
3	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,58
4	Hàm lượng thoi dẹt	%	18,2
5	Hàm lượng hạt mềm yếu	%	1,10
6	Độ hút nước	%	0,43
7	Thành phần hạt	-	Đạt

3.5 Nước

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4560: 2012.

3.6 Phụ gia hóa học

Để hỗn hợp bê tông của cấp phối đối chứng (bê tông không pha sợi thủy tinh) có tính công tác tốt, có độ lưu động và khả năng đầm chặt tốt thì hỗn hợp bê tông phải đạt được độ sụt SN = (20÷25) cm, hỗn hợp bê tông không có sự phân tầng và tách nước. Lý do hỗn hợp bê tông đối chứng cần có độ sụt cao và không phân tầng ngay từ đầu vì sợi thủy tinh có đường kính rất nhỏ cỡ khoảng 14 micromet, sẽ làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông xuống rất thấp, độ sụt chỉ đạt (3÷5) cm do đặc tính cốt sợi hút nước hấp phụ bề mặt lớn. Vì vậy bê tông cốt sợi cần phải sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycarboxylate (PC). Đề tài sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao thuộc thế hệ 3 (giảm đến 40% lượng nước dùng cho bê tông) với lượng dùng theo hướng dẫn của nhà cung cấp.

3.7 Cốt sợi thủy tinh

Cốt sợi thủy tinh kháng kiềm (AR - Glass Fiber) được sử dụng với chiều dài sợi khác nhau, khối

lượng riêng 2.7 g/cm³, có cường độ kéo đạt (3000 ÷3500) MPa và các chỉ tiêu cơ lý đạt tiêu chuẩn ACI 440.3R-12.

4. Thiết kế cấp phối bê tông và kết quả thí nghiệm

4.1 Xác định chiều dài cốt sợi thủy tinh hợp lý

Sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông cốt sợi theo ACI 211-4R:1993 (phương pháp của Viện bê tông Mỹ). Để xác định chiều dài cốt sợi thủy tinh kháng kiềm hợp lý, đề tài sử dụng cấp bê tông đối chứng M30 (MPa) thiết kế và thí nghiệm với chiều dài sợi thủy tinh kháng kiềm khác nhau, lần lượt là: $l_{sợi} = 10, 20, 30, 40, 50$ mm (tương ứng $l_{sợi} = 0,5D_{max}; D_{max}; 1,5D_{max}; 2D_{max}; 2,5D_{max}$). Trong thiết kế đã thay thế 10% chất kết dính là tro bay (theo khối lượng), sử dụng hàm lượng sợi 1,5% chất kết dính (Eng. Pshtiwan, N. Shakor & Prof. S. S. Pimplikar, 2011). Các cấp phối được ký hiệu tương ứng với các chiều dài sợi lần lượt là: CP1, CP2, CP3, CP4, CP5. Kết quả thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông cốt sợi mác M30 như trong bảng 5.

Bảng 5. Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông cốt sợi

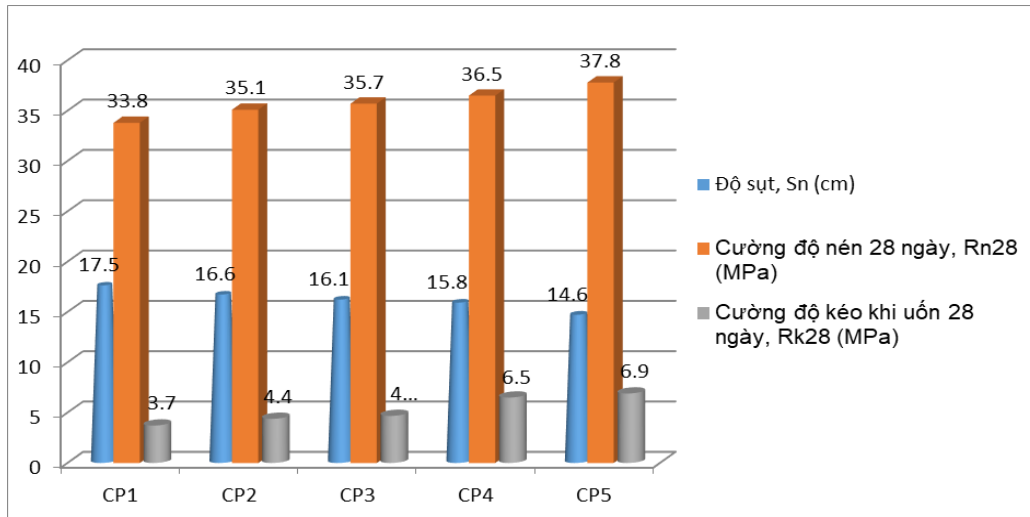
Cấp BT	Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	Phụ gia siêu dẻo (lít)	Nước (lít)	Sợi thủy tinh (kg)
M30	341	38,5	800	1008	5,2	186	5,70

Thí nghiệm theo cấp phối như trên bảng 5. Thí nghiệm kiểm tra độ sụt của các hỗn hợp bê tông cốt sợi (Sn, cm). Để thí nghiệm cường độ nén, tiến hành đúc các mẫu kích thước (15x15x15) cm; để thí nghiệm cường độ kéo khi uốn, mẫu kiểm tra có kích

thước hình lăng trụ (10x10x40) cm, mẫu đúc thử nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:1993. Kết quả thí nghiệm độ sụt, cường độ nén và cường độ kéo khi uốn ở 28 ngày tuổi như trong bảng 6 và hình 4.

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm Sn, R_n²⁸ và R_k²⁸ của BTCS tương ứng với chiều dài sợi

Cấp phối	l _{sợi} (mm)	Độ sụt, (cm)	R _n ²⁸ , (MPa)	R _k ²⁸ , (MPa)
CP1	10	17,5	33,8	3,7
CP2	20	16,6	35,1	4,4
CP3	30	16,1	35,7	4,7
CP4	40	15,8	36,5	6,5
CP5	50	14,6	37,8	6,9



Hình 4. Biểu đồ so sánh Sn, cường độ nén và kéo khi uốn của các cấp phối BTCS

Nhận xét: Từ kết quả ở bảng 6 và hình 4, khi chiều dài của sợi thủy tinh tăng lên, thì độ sụt của HHBT giảm xuống: giảm từ 17,5 cm (tương ứng với BTCS chiều dài sợi $l_{sợi} = 10$ mm) xuống 14,6 cm (tương ứng với BTCS chiều dài sợi $l_{sợi} = 50$ mm). Tuy nhiên, với độ sụt của tất cả các HHBT đều thỏa mãn TCVN 8218:2009 và TCVN 9139:2012.

Ngoài ra, khi chiều dài sợi tăng lên, thì cả cường độ nén và cường độ kéo khi uốn đều tăng, cường độ nén tăng từ 11,0 đến 18,25% và cường độ kéo khi uốn tăng từ 12,67 đến 26,0%. Tuy nhiên, khi chiều dài sợi lần lượt là $l_{sợi} = 10, 20, 30$ mm (tương ứng với CP1, CP2 và CP3) thì cường độ nén chỉ tăng từ 12,67 đến 19,0% và cường độ kéo khi uốn chỉ tăng từ 11,0 đến 13,1% so với mức BT đối chứng; còn khi chiều dài sợi tăng lên $l_{sợi} = 40, 50$ mm (tương ứng với CP4 và CP5) thì cường độ nén tăng từ 21,67 đến 26,0% và cường độ kéo khi uốn tăng từ 17,80 đến 18,25% so với mức BT đối chứng.

Mục đích của nghiên cứu là tìm ra chiều dài cốt sợi thủy tinh kháng kiềm hợp lý nhằm thỏa mãn cả về tính công tác của HHBT và cả về cường độ của BTCS, để BTCS thiết kế đảm bảo tính bền cao, bê tông có khả năng kháng nứt tốt, giảm co ngót thì cường độ kéo khi uốn của BTCS phải tăng cao ít

nhất từ 15 đến 20% so với cường độ nén (vì với bê tông thông thường thì $R_k = 6,67$ đến $10\%R_n$) [7, 10, 15]. Vì vậy, để đảm bảo tính kỹ thuật của BTCS thiết kế, chọn chiều dài sợi thủy tinh kháng kiềm hợp lý là $l_{sợi} = 50$ mm để thiết kế cho các cấp BT M30, M40 và M50.

4.2 Thiết kế cấp phối bê tông cốt sợi

Tương tự như mục 4.1, sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông cốt sợi theo ACI 211-4R:1993.

Trên cơ sở các loại vật liệu sử dụng đã được thí nghiệm như trên, kết hợp các loại vật liệu đó với cốt sợi thủy tinh kháng kiềm (AR - Glass Fiber) và phụ gia siêu dẻo thế hệ mới gốc Poly-cacboxylate để thiết kế bê tông cốt sợi với yêu cầu của mẫu đối chứng (mẫu bê tông không có cốt sợi) có cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt mức BT: M30, M40 và M50 (MPa); hỗn hợp bê tông có độ linh động cao, đảm bảo hỗn hợp không phân tầng, không tách nước và có độ nhớt phù hợp giúp phân tán sợi tốt trong hỗn hợp bê tông, tạo sự đồng nhất và phát huy hiệu quả của cốt sợi trong bê tông. Trong thiết kế đã sử dụng cốt sợi có $l_{sợi} = 50$ mm với hàm lượng sợi 1,5% chất kết dính, kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao hợp lý. Kết quả thiết kế thành phần vật liệu cho các mức BTCS như trong bảng 7.

Bảng 7. Thành phần vật liệu cho $1m^3$ bê tông cốt sợi

Cấp BT	Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	PGSD (lít)	Nước (lít)	Sợi thủy tinh (kg)
M30	341	38,5	800	1008	5,2	186	5,70
M40	385	43,5	785	1015	5,7	183	6,43
M50	429	48,5	780	1063	6,4	180	7,16

Sau khi thiết kế thành phần vật liệu cho 1m^3 bê tông cốt sợi như trên bảng 7, tiến hành phối trộn vật liệu và thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông. Đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén, cường độ kéo khi uốn và mác chống thấm của tất cả các cấp phối bê tông thiết kế.

4.3 Kết quả thí nghiệm độ sụt của các HHBT

Trộn các mẫu thí nghiệm theo cấp phối như trên bảng 7, kiểm tra độ sụt của các hỗn hợp bê tông

trong trường hợp: Cấp phối đối chứng (chưa pha cốt sợi), độ sụt của hỗn hợp bê tông đạt từ (20÷25) cm. Hỗn hợp bê tông có pha cốt sợi thủy tinh theo thiết kế nhưng chưa pha phụ gia siêu dẻo, độ sụt giảm xuống còn 2,5÷3cm. Vì vậy, để đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông cốt sợi thiết kế thì việc sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao (PGSD) là hết sức cần thiết. Kết quả kiểm tra độ sụt của các hỗn hợp bê tông cốt sợi được cho trong bảng 8.

Bảng 8. Kết quả thí nghiệm độ sụt các hỗn hợp bê tông cốt sợi

Cấp bê tông	Độ sụt, Sn (cm) (BTCS có phụ gia siêu dẻo)
M30	14,5
M40	13,0
M50	11,5

Nhận xét: Khi hỗn hợp bê tông có pha cốt sợi thủy tinh khác kiềm như thiết kế thì độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm rất mạnh, giảm từ (20÷25) cm (mẫu đối chứng) xuống còn (2,5÷3) cm (mẫu có cốt sợi, nhưng chưa pha phụ gia siêu dẻo), lý do là vì cốt sợi thủy tinh có khả năng hút nước rất mạnh, độ phân tán của cốt sợi trong hỗn hợp bê tông làm giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông. Vì vậy, để đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông cốt sợi thì phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao sử dụng với hàm lượng hợp lý là hết sức cần thiết. Độ sụt

của các HHBT cốt sợi thiết kế thỏa mãn TCVN 8218:2009, TCVN 9139:2012 và TCXDVN 356:2005.

4.4 Kết quả thí nghiệm cường độ nén của các cấp phối BTCS

Để thí nghiệm cường độ nén, đúc các mẫu thí nghiệm hình lập phương có kích thước (15x15x15)cm, mẫu đúc thử nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:1993. Kết quả thí nghiệm cường độ nén ở 3, 7 và 28 ngày tuổi như trong bảng 9.

Bảng 9. Kết quả thí nghiệm cường độ nén ở 3, 7 và 28 ngày tuổi

Cấp bê tông	Ngày tuổi	Cường độ nén, MPa	
		Không sợi	Có sợi
M30	3	15,4	20,8
	7	22,7	29,1
	28	31,5	37,8
M40	3	21,7	28,4
	7	30,7	37,2
	28	42,6	48,9
M50	3	28,9	38,3
	7	38,7	49,8
	28	54,5	63,8

Nhận xét: Từ kết quả trong bảng 9 về cường độ nén của các cấp phối bê tông cốt sợi thiết kế khi sử dụng cốt liệu thô là đá dăm cỡ (5x20)mm (kích thước $D_{\max} = 20\text{mm}$) và chiều dài của sợi thủy tinh dài $l = 50\text{mm}$, kết quả cường độ nén của bê tông cốt sợi thủy tinh tăng từ 15÷26% so với bê tông không có cốt sợi. Sự có mặt của cốt sợi trong thành phần bê tông làm tăng độ đặc chắc của bê tông, giảm các lỗ rỗng gel trong cấu trúc đá xi măng, giảm

lỗ rỗng của bê tông và làm tăng cường độ nén của bê tông.

4.5 Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn của các cấp phối BTCS

Để thí nghiệm cường độ kéo khi uốn, mẫu kiểm tra có kích thước hình lăng trụ (10x10x40)cm. Mẫu đúc thử nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:1993. Bảo dưỡng mẫu trong điều kiện

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

môi trường tiêu chuẩn và tiến hành kiểm tra cường độ kéo khi uốn của các tổ mẫu bê tông. Kết quả thí

nghiệm cường độ kéo khi uốn ở 3, 7 và 28 ngày tuổi như trong bảng 10.

Bảng 10. Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn ở 3, 7 và 28 ngày tuổi

Cấp bê tông	Ngày tuổi	Cường độ kéo khi uốn, MPa	
		Không sợi	Có sợi
M30	3	-	-
	7	5,1	5,8
	28	5,6	6,9
M40	3	-	-
	7	7,4	8,8
	28	8,5	9,8
M50	3	-	-
	7	8,6	10,6
	28	9,1	11,2

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm trong bảng 10 về cường độ kéo khi uốn của bê tông cốt sợi thiết kế khi sử dụng cốt liệu thô là đá dăm cỡ (5x20)mm (kích thước $D_{max} = 20\text{mm}$) và chiều dài của sợi thủy tinh dài $l = 50\text{ mm}$, kết quả cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông cốt sợi tăng từ 15÷30% so với các mẫu bê tông không có cốt sợi.

4.6 Kết quả thí nghiệm mác chống thấm của các cấp phối BTCS

Các mẫu thử mác chống thấm được chuẩn bị và thí nghiệm theo TCVN 3116:2007. Mẫu được bảo dưỡng 28 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn, sau đó kiểm tra mác chống thấm. Kết quả thí nghiệm xác định mác chống thấm của bê tông cốt sợi sau 28 ngày tuổi cho trong bảng 11.

Bảng 11. Kết quả mác chống thấm của BTCS

Cấp bê tông	Mác chống thấm W, atm	
	Không sợi	Có sợi
M30	W10	W10
M40	W12	W14
M50	W12	W16

Nhận xét: Đối với bê tông có cấp BT thấp (M30) thì mác chống thấm của bê tông không có cốt sợi và có cốt sợi không có khác biệt với liều lượng dùng cốt sợi thủy tinh như trong thiết kế (1,5% chất kết dính).

Tuy nhiên với cấp BT cao hơn (M40 ÷ M50), sự có mặt của cốt sợi thủy tinh kháng kiềm sẽ tăng mác chống thấm lên được 1 đến 2 cấp (mỗi cấp tương ứng 2atm) so với các mẫu bê tông không có cốt sợi. Loại bê tông cốt sợi này có thể sử dụng cho tất cả các công trình Thủy lợi và công trình biển có yêu cầu cao về cường độ chịu lực và yêu cầu chống thấm, mác chống thấm đạt tới W10 đến W16.

5. Kết luận và kiến nghị

Thông qua kết quả thí nghiệm về một số tính chất kỹ thuật của bê tông cốt sợi, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Phụ gia siêu dẻo gốc Polycarboxylate (PC) là phụ gia thế hệ thứ 3, đáp ứng những yêu cầu đặc

biệt của hỗn hợp bê tông cốt sợi như: bê tông với tỷ lệ N/CKD thấp, duy trì được tính linh động của hỗn hợp bê tông cốt sợi theo thời gian thi công. Khi sử dụng cốt sợi thủy tinh, tính công tác (độ sụt) của hỗn hợp bê tông giảm đi rất nhiều (giảm từ 20÷25 cm xuống còn 2,5÷3 cm);

- Đã lựa chọn các loại vật liệu hợp lý và thiết kế bê tông cốt sợi M30 đến M50, phù hợp với các công trình Thủy lợi và công trình biển, hỗn hợp bê tông cốt sợi chế tạo có độ lưu động cao, đảm bảo hỗn hợp bê tông không phân tầng, không tách nước và có độ nhớt phù hợp, tạo sự đồng nhất và phát huy hiệu quả của cốt sợi trong bê tông;

- Từ các kết quả thí nghiệm cho thấy bê tông cốt sợi là một loại bê tông sử dụng cho các công trình Thủy lợi và công trình biển có yêu cầu cao về cường độ, mác chống thấm, tính xâm thực, đặc biệt bê tông kháng nứt tốt hơn vì có cường độ chịu kéo khi uốn tốt hơn so với bê tông thông thường. Với liều lượng dùng cốt sợi thủy tinh ($l_{sợi} = 50\text{ mm}$) là 1,5%

chất kết dính tương ứng với kích thước lớn nhất của cốt liệu thô $D_{max} = 20\text{mm}$, cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ nén của các mẫu thí nghiệm tăng từ 15 đến 30%;

- Khi chế tạo hỗn hợp bê tông cốt sợi thủy tinh kháng kiềm, chiều dài của sợi phải ít nhất bằng 2 lần đường kính D_{max} của cốt liệu thô thì mới có tác dụng, cụ thể với $D_{max} = 20\text{ mm}$ thì chiều dài sợi thủy tinh $l_{sợi} = (40 \div 50)\text{ mm}$. Cốt sợi có nhiều loại khác nhau, đảm bảo bê tông thiết kế đáp ứng được yêu cầu xây dựng phải được thí nghiệm với nhiều tỷ lệ cốt sợi và chiều dài sợi khác nhau để tìm ra phạm vi tối ưu nhất, phù hợp với mỗi hạng mục công trình xây dựng. Việc nghiên cứu và thí nghiệm thực tế cho các loại cốt sợi khác nhau để đưa loại bê tông này vào xây dựng hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ACI 440.3R-12, Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Reinforcing or Strengthening Concrete and Masonry Structures.
 2. ACI Committee 211, Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete.
 3. AFGC-SETRA (2002), Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concretes, Paris, France: Interim Recommendations, AFGC publication.
 4. ASTM C494-86, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
 5. Cao Duy Tiến, Phạm Văn Khoan, Lê Quang Hùng và ctv (2003), "Báo cáo tổng kết dự án KT - KT chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông và BTCT vùng biển", Viện KHCN Xây dựng, 11.
 6. Eng. Pshtivan, N. Shakor, Prof.S.S. Pimplikar (2011), Glass Fiber Reinforced Concrete Use in Construction, International Journal of Technology and Engineering System: Jan-Mach 2011, Vol.2, No.2.
 7. GS. TS. Phạm Duy Hữu, TS. Đào Văn Đông và TS. Phạm Duy Anh (2012), Vật liệu xây dựng mới, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
 8. Ir. Richard (2000), Glass Fiber Reinforced Concrete as a material, its properties, manufacture and applications, Summers Quality Control Consultants Ltd, Hong Kong.
 9. P.K. Mehta (1980), Durability of Concrete in Marine Environment - A Review. Proceedings of 1st International Conference "Performance of concrete in marine environment" St. Andrews by the sea. SP-65 ACI Publication.
 10. Nguyễn Như Quý (2015), Vật liệu cho công trình thủy, Nhà xuất bản Xây dựng.
 11. TCVN 3105:1993, Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.
 12. TCXDVN 356:2005, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - tiêu chuẩn thiết kế.
 13. Viện KHKT GTVT (1989), Báo cáo tổng kết đề tài 34C.01.06: "Đặc điểm phá huỷ kết cấu công trình giao thông trong vùng biển nước ta" - Viện KHKT GTVT, Hà Nội.
 14. Viện Khoa học công nghệ xây dựng (1999), "Nghiên cứu các điều kiện kỹ thuật đảm bảo độ bền lâu cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép xây dựng ở vùng ven biển Việt Nam", Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số 40-94 ĐTDL.
 15. TCVN 8218:2009, Bê tông Thủy công - Yêu cầu kỹ thuật.
 16. TCVN 9139:2012. Công trình thủy lợi - Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vùng ven biển - Yêu cầu kỹ thuật.
- Ngày nhận bài: 30/12/2022.
Ngày nhận bài sửa: 18/02/2022.
Ngày chấp nhận đăng: 22/02/2022.