Journal of Science of Lac Hong University
Special issue (11/2017), pp. 73-76

Tạp chí Khoa học Lạc Hồng
Số đặc biệt (11/2017), tr.73-76

THIẾT KẾ BÊ TÔNG CỐT SỢI ỨNG DỤNG TRONG CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Design fiber reinforced concrete for hydraulic works

Nguyễn Quang Phú

phuvlxd99@gmail.com
Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, Việt Nam
Đến tòa soạn: 05/06/2017; Chấp nhận đăng: 09/08/2017

Tóm tắt. Ngày nay, bê tông được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp xây dựng trên toàn thế giới. Tuy nhiên, cường độ chịu kéo của bê tông chỉ bằng 1/15 đến 1/10 so với cường độ chịu nén; do đó nhiều bộ phận kết cấu bằng bê tông cốt thép đã bị nứt ngay trong giai đoạn thi công hoặc chỉ sau một thời gian ngắn sử dụng. Sử dụng bê tông cốt sợi giúp tăng thêm cường độ kéo cho bê tông thông qua các vật liệu dạng sợi. Bài báo đề cập tới việc sử dụng cốt sợi thủy tinh kháng kiềm, kết hợp phụ gia khoáng tro bay để thay thế xi măng trong thành phần bê tông và phụ gia siêu dẻo ADVA181 thiết kế bê tông cốt sợi mác M40 và M50 (MPa). Qua các thí nghiệm nhận thấy cường độ chịu nén của bê tông cốt sợi thủy tinh tăng đến 36% so với bê tông thông thường; mác chống thấm đạt W10 đến W12 (at) và đặc biệt cường độ chịu kéo tăng trên 30%. Loại bê tông cốt sợi này có những đặc tính phù hợp cho các công trình thủy lợi với các yêu cầu kỹ thuật cao.

Từ khóa: *Bê tông cốt sợi; Tro bay; Phụ gia siêu dẻo; Chống thấm nước*

Abstract. Today, concrete is widely used in the construction industry around the world. However, the tensile strength of concrete is only 1/15 to 1/10 compared to the compressive strength; therefore, many parts of reinforced concrete structure have been cracked during the construction stage or after only a short time of use. Using fiber reinforced concrete help to increase the tensile strength of the concrete through the presence of fiber. This paper mentions the use of Alkaline resistance glass fiber, combined with fly ash to replace cement in concrete and super-plasticizer ADVA181 to design the fiber reinforced concrete of M40 and M50 (MPa). Through experiments, it can be found that the compressive strength of glass fiber reinforced concrete increased by 36% compared to conventional concrete; waterproof grades reach W10 to W12 (at) and especially, the tensile strength increases by more than 30%. This type of concrete has properties suitable for Hydraulic works with high technical requirements.

Keywords: *Fiber reinforced concrete; Fly ash; Super-plasticizer; Waterproof*

1. GIỚI THIỆU

Từ khi ra đời đến nay, 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. Tuy nhiên, với điều kiện về khoa học công nghệ, vật liệu xây dựng và môi trường ở Việt Nam hiện nay, nhiều công trình hoặc một vài 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. Có rất nhiều nguyên nhân gây ra vết nứt đối với các công trình, cấu kiện bê tông như: cường độ chịu nén của bê tông đảm bảo thiết kế nhưng khả năng chịu kéo kém, hiện tượng co ngót, từ biến hoặc tại các vị trí đặc biệt trong kết cấu chịu ứng suất phức tạp làm cho vật liệu bê tông thông thường không đủ khả năng chịu lực.

Để giải quyết vấn đề này, các nhà nghiên cứu về vật liệu xây dựng 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…vv. 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 nhà khoa học còn sử dụng 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 mịn như silic fume, tro trấu, tro bay… và đặc biệt là việc thiết kế và sử dụng bê tông cốt sợi thay thế cho bê tông thông thường.

Đề tài tập trung lựa chọn các loại vật liệu để thiết kế cho bê tông thông thường (xi măng, cát, đá, nước) kết hợp với cốt sợi, phụ gia khoáng và phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao để thiết kế bê tông cốt sợi nhằm tìm ra loại cốt sợi phù hợp và thiết kế bê tông cốt sợi tối ưu, bê tông chế tạo có cường độ nén và cường độ kháng uốn cao, khả năng kháng nứt và chống thấm tốt, khắc phục những nhược điểm của bê tông thông thường; từ đó đưa ra kiến nghị và một số giải pháp áp dụng vào thi công các công trình Thủy lợi để đạt được hiệu quả cao.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Các loại vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.1.1 Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PC40 Kim Đỉnh thiết kế bê tông cốt sợi; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng như trong Bảng 1.

2.1.2 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.

2.1.3 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, Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam 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.

2.1.4 Cốt liệu thô (đá dăm)

Đá dăm Granit dùng thi công công trình đã được đề tài thực hiện thử nghiệm, đá dăm cỡ hạt 5-20mm 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.

Bảng 1. *Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng*

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN: 4030-2003	g/m^3	3,12
2	Độ mịn (Lượng sót trên sàng 0,09)	TCVN: 4030-2003	%	3,2
3	Lượng nước tiêu chuẩn	TCVN: 6017-1995	%	29,1
4	Thời gian bắt đầu đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	112
5	Thời gian kết thúc đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	316
6	Độ ổn định thể tích	TCVN: 6017-1995	mm	2,1
7	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm^2	36,0
8	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm^2	49,2

Nhận xét: Xi măng PC40 Kim Đỉnh đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009

Bảng 2. *Tính chất cơ lý của tro bay Phả Lại*

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Độ ẩm	%	0,28
2	Lượng nước yêu cầu	%	27,8
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	944
4	Tỷ trọng	g/m^3	2,24
5	Hàm lượng mất khi nung	%	3,08
6	Hàm lượng SiO_2	%	50,98
7	Hàm lượng Fe_2O_3	%	10,34
8	Hàm lượng Al_2O_3	%	31,27
9	Hàm lượng SO_3	%	0,15

Bảng 3. *Tính chất cơ lý 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 hổng	%	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

Nhận xét: Cát dùng chế tạo bê tông có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570-2006.

Bảng 4. *Tính chất cơ lý 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

Nhận xét: Đá dăm có các tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông theo TCVN 7570:2006.

2.1.5 Cốt liệu thô (đá dăm)

Đá dăm Granit dùng thi công công trình đã được đề tài thực hiện thử nghiệm, đá dăm cỡ hạt 5-20mm 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.

2.1.6 Nước

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt lấy tại phòng thí nghiệm vật liệu - Viện Thủy công, nước phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4560: 2012.

2.1.7 Phụ gia hóa học

Để hỗn hợp bê tông của cấp phối đối chứng (bê tông không pha cốt 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 = 22÷25cm, 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, lượng dùng khoảng 4 đến 8 kg/m^3 bê tông sẽ làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông xuống rất thấp, độ sụt chỉ đạt 3÷5cm 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 giảnước bậc cao gốc Polycacboxylate (PC). Đề tài sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao Grace ADVA 181 (phụ gia thuộc thế hệ 3) với lượng dùng theo hướng dẫn của nhà cung cấp. Tuy nhiên cần phải thí nghiệm để xác định tỷ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông.

2.1.8 Cốt sợi thủy tinh

Cốt sợi thủy tinh kháng kiềm (AR - Glass Fiber) được

sử dụng có chiều dài 50 mm, khối lượng riêng 2.7 g/cm^3, có cường độ kéo đạt 3500MPa và các chỉ tiêu cơ lý đạt tiêu chuẩn ACI 440.3R-12.

2.2 Thiết kế cấp phối bê tông và kết quả thí nghiệm

Sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông cốt sợi theo tiêu chuẩn ACI 211-4R (phương pháp của Viện bê tông Mỹ).

Trên cơ sở các loại vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông thông thường, đề tài đã 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 (GRACE ADVA 181) để thiết kế bê tông cốt sợi với yêu cầu của mẫu đối chứng có cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt 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 thay thế 10% chất kết dính là tro bay (theo khối lượng) [6], sử dụng hàm lượng sợi 1,5% chất kết dính (*Eng. Pshtiwan N. Shakor & Prof. S. S. Pimplikar, 2011*), kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao ADVA 181. Kết quả thiết kế thành phần vật liệu cho các mác bê tông như trong Bảng 5.

Bảng 5. *Thành phần vật liệu cho 1m^3 bê tông cốt sợi*

Mác thiết kế	Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	Phụ gia ADVA 181 (lít)	Nước (lít)	Sợi thủy tinh (kg)	Tỉ lệ N/CKD
M40	385	43,5	785	1015	5,7	183	6,53	0,42
M50	429	48,5	780	1063	6,4	180	7,28	0,37

Kiểm tra độ sụt của các hỗn hợp bê tông theo tiêu chuẩn, sau đó đúc các mẫu bê tông và bảo dưỡng trong điều kiện môi trường tiêu chuẩn [7] để kiểm tra cường độ nén và cường độ chịu kéo khi uốn ở tuổi 3, 7, 28 ngày và mác chống thấm cho bê tông cốt sợi ở tuổi 28 ngày. Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông cốt sợi được thể hiện trên Bảng 6.

Bảng 6. *Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông cốt sợi*

Mác thiết kế	Ngày tuổi	Độ sụt BTCS (cm)	Cường độ nén (MPa)			Cường độ kéo (MPa)			Mác chống thấm (at)	
			Không sợi	Có sợi	Chênh lệch (%)	Không sợi	Có sợi	Chênh lệch (%)	Không sợi	Có sợi
M40	3	12.8	23.5	25.1	7.0	-	-	-	W8	W10
	7		32.8	38.8	18.0	7.1	8.8	24.0		
	28		42.6	57.9	36.0	7.5	9.8	31.0		
M50	3	11.6	34.5	37.5	9.0	-	-	-	W10	W12
	7		42.5	49.2	16.0	8.6	10.6	23.0		
	28		50.5	67.8	34.0	9.1	11.2	23.0		

Từ các kết quả thí nghiệm về cường độ nén, mác chống thấm, cường độ kéo khi uốn ở bảng 6 cho thấy bê tông cốt sợi là một loại bê tông sử dụng rất hiệu quả cho các công trình Thủy lợi. Bê tông cốt sợi chế tạo có cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn cao hơn so với bê tông thông thường từ 30 đến 36%, mác chống thấm đạt W10 đến W12, bê tông chế tạo được có tính chống xâm thực rất tốt (vì sử dụng loại cốt sợi thủy tinh kháng kiềm AR - Glass Fiber). Kết quả nghiên cứu cho thấy bê tông cốt sợi chế tạo có khả năng chịu va đập, chịu mài mòn tốt, khả năng chống nứt tốt hơn vì có cường độ chịu kéo và kháng uốn tốt hơn, bê tông cốt sợi đặc chắc hơn nên mác chống thấm cao hơn so với bê tông thông thường. Các kết cấu bê tông khi sử dụng cốt sợi sẽ tăng khả năng kháng uốn, tăng độ bền mỏi 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 nẻ bề mặt và tăng hiệu quả khống chế co ngót, từ đó tăng tuổi thọ cho công trình.

3. KẾT LUẬN

Từ các kết quả thí nghiệm về cường độ nén, mác chống thấm, cường độ kéo khi uốn cho thấy bê tông cốt sợi là một loại bê tông sử dụng rất hiệu quả cho các hạng mục công trình Thủy lợi có yêu cầu cao về cường độ chịu nén, mác chống thấm, tính xâm thực, đặc biệt bê tông kháng nứt tốt hơn vì có cường độ chịu kéo và uốn tốt hơn so với bê tông thông thường.

Để duy trì được tính lưu động của hỗn hợp bê tông và bê tông đạt được cường độ cao cả về khả năng chịu nén và kéo uốn thì phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao nhất thiết phải được sử dụng để sản xuất bê tông cốt sợi.

Sợi thủy tinh có nguồn gốc là một loại khoáng 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 bị xâm thực. Với tính năng chịu kéo cao gấp 2 đến 3 lần cốt thép và không bị ăn mòn, trong thiết kế thành phần Bê tông có thể sử dụng kết hợp sợi thủy tinh trong hỗn hợp bê tông để thay thế cốt thép thường ứng dụng cho các công trình xây dựng thủy lợi 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 công nghiệp.

Những loại sợi thủy tinh E - Glass sử dụng trong bê tông đều bị phân hủy trong môi trường kiềm của xi măng Poóclăng. Chính vì vậy, một loại sợi thủy tinh bền kiềm (sợi thủy tinh kháng kiềm AR - Glass Fiber) được sản xuất để thay thế sợi thủy tinh E - Glass trong bê tông cốt sợi thủy tinh.

Hàm lượng dùng cốt sợi thủy tinh với bao nhiêu phần trăm chất kết dính là tối ưu nhất, chiều dài của sợi phải đạt ít nhất bao nhiêu lần đường kính Dmax của cốt liệu thì mới

có tác dụng cao nhất, 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.

Cốt sợi có nhiều loại khác nhau, với mỗi hạng mục công trình xây dựng cần được 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. Từ nghiên cứu trong phòng thí nghiệm để đưa ra công trình sản xuất thì các cấp phối bê tông nghiên cứu cần được hiệu chỉnh một cách phù hợp với các vật liệu tại hiện trường xây dựng (điều chỉnh lượng nước trộn phù hợp độ ẩm của cát, đá tại mỗi thời điểm thi công), cũng như được thí nghiệm hiện trường đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật của bê tông xây dựng đặt ra. Khi sử dụng cốt sợi thủy tinh, bê tông sẽ có ưu điểm hơn so với các loại bê tông cốt sợi khác như PP Fiber, Steel Fiber đó là: Cường độ uốn, kéo và va đập cao hơn; sợi thủy tinh nhẹ hơn làm giảm sức nặng của công trình; làm tăng khả năng chống lại sự phá hủy của môi trường có các tác nhân hóa học, đặc biệt là không xảy ra hiện tượng ăn mòn cốt thép của ion Cl-; bê tông cốt sợi thủy tinh không bị gỉ, không bị ăn mòn, bền trong môi trường nước và thân thiện với môi trường. Đây là loại bê tông cốt sợi rất phù hợp với đặc điểm, tính chất làm việc của các công trình thủy lợi, cần được nghiên cứu kỹ để áp dụng vào thực tiễn.

4. 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] Đại học Thủy Lợi, Giáo trình Vật liệu xây dựng, Nhà xuất bản Xây dựng, năm 2006.

[4] Eng. Pshtivan N. Shakor, Prof.S.S. Pimplikar, "Glass Fiber Reinforced Concrete Use in Construction," International Journal of Technology and Engineering System, Vol.2, No.2, pp. 55-62, Jan - Mach 2011.

[5] Ir. Richard Summers Quality Control Consultants Ltd, "Glass Fiber Reinforced Concrete as a material, its properties, manufacture and applications," Hong Kong, 2000.

[6] Phạm Duy Hữu, Công nghệ bê tông và bê tông đặc biệt, Nhà xuất bản Xây dựng, năm 2011.

[7] TCVN 3105, Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử, 1993.

[8] TCVN 3116, Bê tông nặng - Phương phác xác định độ chống thấm nước, 2007

[9] TCVN 3118, Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén, 2012.

[10TCVN 3119:2012, Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn.

[11]TCVN 7570:2006, Cốt liệu dùng cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

[12]TCVN 2682:2009, Xi măng Pooc lăng - Yêu cầu kỹ thuật.

[13]TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

TIỂU SỬ TÁC GIẢ

Nguyễn Quang Phú

Sinh năm 1974, Thái Thụy, Thái Bình. Tốt nghiệp Đại học và Thạc sỹ tại trường Đại học Thủy lợi Hà Nội; Tốt nghiệp Tiến sĩ chuyên ngành Vật liệu và Kết cấu công trình tại Trường Đại học Hồ Hải – Trung Quốc. Học vị: Phó giáo sư, Tiến sĩ. Nơi công tác: Bộ môn Vật liệu Xây dựng, khoa Công trình - Đại học Thủy lợi. Địa chỉ: 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội. Điện thoại: (84).986.49.59.82

Email: phuvlxd99@gmail.com; phuvlxd@tlu.edu.vn.