

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO SỬ DỤNG
PHỤ GIA KHOÁNG SIÊU MỊN VÀ CÁT HẠT MỊN

Nguyễn Quang Phú¹

Tóm tắt: Sử dụng cát hạt mịn thiết kế thành phần bê tông cường độ cao khi thay thế chất kết dính bằng 15% Silica fume, kết hợp lượng phụ gia siêu dẻo hợp lý sẽ chế tạo được bê tông có mức chống thấm đạt W12 đến W16 và cường độ nén đạt từ 70 đến 80MPa. Loại bê tông này đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật dùng cho một số hạng mục công trình Thủy lợi có yêu cầu chống thấm và cường độ chịu nén cao.

Từ khóa: Bê tông cường độ cao; Silica fume; Phụ gia siêu dẻo; Chống thấm nước.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông là một loại vật liệu chủ yếu của thế kỷ 20 được chế tạo từ hỗn hợp vật liệu được lựa chọn hợp lý gồm các thành phần: Cốt liệu lớn (đá dăm hoặc sỏi), cốt liệu nhỏ (cát), chất kết dính (ximăng...), nước và phụ gia (phụ gia khoáng vật và phụ gia hóa học) (Phạm Duy Hữu, 2008). Do trữ lượng cát để sản xuất bê tông của nước ta ngày càng trở nên khan hiếm do nhu cầu xây dựng ngày càng nhiều, lượng cát phân bố không đồng đều ở các vùng miền nên nhiều nơi phải nhập khẩu cát hoặc vận chuyển xa, giá thành cao, thiếu sự chủ động về nguồn cát để chế tạo bê tông. Trong khi đó, các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam có trữ lượng cát mịn khá lớn, giá thành hạ, có tại vị trí xây dựng công trình (Nguyễn Quang Phú, 2015). Vì vậy, nếu sử dụng được loại cát này để sản xuất bê tông sẽ có thêm nguồn cốt liệu mịn, mở rộng được việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên sẵn có, giải quyết được một phần khan hiếm về cát dùng cho bê tông hiện nay và về lâu

dài. Ở một số vùng khan hiếm cát đạt tiêu chuẩn để sản xuất cho bê tông nhưng sẵn nguồn cát mịn với giá thành rẻ thì việc sử dụng cát mịn thay thế góp phần làm giảm giá thành bê tông, giảm giá thành công trình xây dựng.

Đề tài sử dụng cát mịn với một số loại vật liệu thông thường (xi măng, đá, nước), kết hợp phụ gia khoáng siêu mịn (Silicafume) và phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao để thiết kế thành phần bê tông có cường độ cao, độ bền cao sử dụng cho các công trình Thủy lợi (Nguyễn Quang Phú và Cao Đức Việt, 2010).

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG THÍ NGHIỆM

Các vật liệu chính để chế tạo bê tông cường độ cao bao gồm: xi măng, cát, đá, nước và các loại phụ gia khoáng, phụ gia hóa học. Đề tài sử dụng một số vật liệu có sẵn tại phòng nghiên cứu Vật liệu, Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam để làm các thí nghiệm.

2.1. Xi măng: Xi măng sử dụng trong thí nghiệm là xi măng PC40 Hà Tiên 1; kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý như trong bảng 1.

Bảng 1. Tính chất 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/cm ³	3,12
2	Độ mịn (Lượng sót trên sàng 0,09)	TCVN: 4030-2003	%	3,8
3	Lượng nước tiêu chuẩn	TCVN: 6017-1995	%	29,1
4	Thời gian bắt đầu đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	142
	Thời gian kết thúc đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	215
5	Độ ổn định thể tích	TCVN: 6017-1995	mm	2,1
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm ²	36
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm ²	50,5

Nhận xét: Xi măng Pooclang PC40 Hà Tiên 1

đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009.

2.2. Cát: Đề tài nghiên cứu thiết kế thành phần bê tông với 2 loại cát: cát thô (bảng 2) và

¹ Bộ môn Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Thủy lợi.

cát hạt mịn (bảng 3). Cát lấy ở công trình xây dựng được vận chuyển về phòng nghiên cứu Vật liệu, Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy

lợi Việt Nam; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của cát như trong bảng 2 và bảng 3 dưới đây.

Bảng 2. Thành phần hạt và tính chất cơ lý của cát thô

Kích thước mắt sàng, mm	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy, (%)	0	13,5	27,6	42,2	77,5	95,8
Khối lượng riêng, g/cm ³	2,67					
Khối lượng thể tích trạng thái khô, (g/cm ³)	1,61					
Độ hút nước, (%)	0,6					
Độ ẩm, (%)	2,9					
Hàm lượng bụi, sét, (%)	0,95					
Tạp chất hữu cơ (so với màu chuẩn)	sáng hơn					
Mô đun độ lớn	2,57					

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

Bảng 3. Thành phần hạt và tính chất cơ lý của cát mịn

Kích thước mắt sàng, mm	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy, (%)	0	0	2,56	22,4	51,3	85,3
Khối lượng riêng, g/cm ³	2,56					
Khối lượng thể tích trạng thái khô, (g/cm ³)	1,51					
Độ hút nước, (%)	0,7					
Độ ẩm, (%)	3,5					
Hàm lượng bụi, sét, (%)	1,2					
Tạp chất hữu cơ (so với màu chuẩn)	sáng hơn					
Mô đun độ lớn	1,61					

Một số chỉ tiêu cơ lý của cát mịn (khối lượng riêng, khối lượng thể tích, tạp chất.....) thỏa mãn yêu cầu thiết kế cho bê tông. Tuy nhiên, về thành phần hạt và mô đun độ lớn không thỏa mãn TCVN 7570-2006 ($M_{dl} = 1,61 < 2$).

Đề tài sử dụng cát mịn có chỉ tiêu cơ lý như bảng 3 kết hợp với phụ gia khoáng siêu mịn là Silica fume và phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao để chế tạo bê tông theo yêu cầu thiết kế và so sánh với bê tông sử dụng cát thô có các chỉ tiêu cơ lý như bảng 2.

2.3. Đá: Trong thí nghiệm sử dụng đá dăm cỡ 5-20mm có tại phòng nghiên cứu Vật liệu, Viện Thủy công; tính chất cơ lý của đá dăm được trình bày trong bảng 4.

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	2,72
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,68
3	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,68
4	Hàm lượng thoi dẹt	%	21,6
5	Hàm lượng hạt mềm yếu	%	1,2
6	Độ hút nước	%	0,51
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; $D_{max}=20\text{mm}$, thành phần hạt đạt yêu cầu.

2.4. Nước: Nước sử dụng trong thí nghiệm trộn bê tông là nước sinh hoạt có tại phòng thí nghiệm đã được kiểm tra có các chỉ tiêu đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông (TCVN 4506:2012).

2.5. Phụ gia khoáng

Hiện nay một số loại phụ gia khoáng được sử dụng phổ biến là tro bay, tro trấu, silica fume... Tuy nhiên để chế tạo bê tông cường độ cao sử

dụng cát mịn nhất thiết phải sử dụng loại phụ gia khoáng siêu mịn. Trong đề tài sử dụng phụ gia khoáng là Silica fume (SF) để thay thế một phần xi măng trong bê tông. Khi bê tông có phụ gia khoáng siêu mịn sẽ làm tăng độ đặc chắc, tăng khả năng lấp nhét các lỗ rỗng gel và lỗ rỗng mao quản trong cấu trúc của bê tông, giảm lỗ rỗng vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu, tăng cường độ và tính bền của bê tông. Phụ gia khoáng Silica fume có các tính chất cơ lý được thể hiện bảng 5.

Bảng 5. Tính chất cơ lý của Silica fume

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật ASTM C 1240-00
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,46	-
2	Độ ẩm	%	2,25	-
3	Hàm lượng mất khi nung	%	2,85	$\leq 6,0$
4	Hàm lượng SiO_2	%	91,2	$\text{SiO}_2 \geq 85,0$
5	Hàm lượng SO_3	%	0,05	$< 2,0$
6	Hàm lượng CaO	%	0,76	$< 1,0$
7	Hàm lượng Cl	%	0,01	$< 0,3$

Nhận xét: Kết quả cho thấy Silica fume đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo ASTM C 1240-00.

2.6. Phụ gia hóa học

Khi bê tông cường độ cao sử dụng cát hạt mịn và phụ gia khoáng siêu mịn để chế tạo sẽ có độ hút nước rất mạnh. Để đảm bảo tính công tác của hỗn hợp bê tông thiết kế cần phải sử dụng phụ gia hóa học, phụ gia hóa học sử dụng trong nghiên cứu là phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao Grace ADVA 181 gốc Polycarboxylate (PC).

Phụ gia sử dụng có tác dụng tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông, giảm lượng dùng nước và tăng độ đặc chắc của bê tông, từ đó tăng cường độ và mác chống thấm cho bê tông.

3. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN VẬT LIỆU CHO BÊ TÔNG NGHIÊN CỨU

Áp dụng phương pháp ACI 211-4R-93 để thiết kế thành phần bê tông thí nghiệm, thành phần vật liệu cho bê tông nghiên cứu được thể hiện ở bảng 6 dưới đây.

Bảng 6. Thành phần vật liệu cho 1m^3 bê tông thí nghiệm

Loại cát	Cấp phối	Xi măng	Silica fume	Cát	Đá dăm	Nước	Grace ADVA 181
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(lít)	(lít)
Cát thô	CP1	550	0	725	1265	156	4,5
	CP2	467,5	82,5	725	1265	156	4,5
Cát mịn	CP3	550	0	725	1265	156	4,5
	CP4	467,5	82,5	725	1265	156	4,5

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Trộn các hỗn hợp bê tông với cấp phối đã thiết kế, tiến hành xác định độ lưu động theo TCVN 3106-2007. Đúc các mẫu thí nghiệm hình lập phương: $15 \times 15 \times 15\text{cm}$ để xác định

cường độ nén của bê tông sau khi bảo dưỡng 7 và 28 ngày tuổi theo tiêu chuẩn TCVN 3118-2012. Các mẫu thử mác chống thấm được thực hiện theo TCVN 3116-2007. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7. Kết quả thí nghiệm một số tính chất của bê tông thiết kế

Loại cát	Cấp phối	Độ sụt (cm)	Cường độ nén 7 ngày (MPa)	Cường độ nén 28 ngày (MPa)	Mác chống thấm W (at)
Cát thô	CP1	22,5	62,8	72,6	W12
	CP2	20,0	71,6	81,5	W14
Cát mịn	CP3	18,5	68,3	77,9	W14
	CP4	17,5	73,6	83,5	W16

Nhận xét kết quả: Khi giữ nguyên các thành phần vật liệu trong cấp phối bê tông, mẫu có phụ gia khoáng siêu mịn Silica fume thay thế xi măng (CP2 và CP4), thì độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm xuống. Điều này được giải thích như sau: Do độ mịn của Silica fume rất cao (khoảng 20.000 m²/kg), nên độ hút nước nhiều hơn, làm giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông.

Cấp phối CP3 và CP4 sử dụng cát mịn có độ sụt thấp hơn cấp phối CP1 và CP2 sử dụng cát thô, tuy nhiên vẫn đảm bảo yêu cầu thi công bê tông cường độ cao, hỗn hợp bê tông không có hiện tượng phân tầng, tách nước. Sự có mặt của phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycarboxylat trong bê tông cường độ cao là rất cần thiết khi thiết kế và thi công.

Bê tông sử dụng cát mịn có cường độ nén (77,9 ÷ 83,5 MPa) cao hơn bê tông sử dụng cát thô (72,6 ÷ 81,5 MPa) khi có cùng lượng dùng chất kết dính (CP1 và CP3, CP2 và CP4), lượng nước trộn và phụ gia siêu dẻo pha trộn một cách hợp lý. Điều này có thể giải thích là cát hạt mịn sẽ lấp nhét kín các lỗ rỗng mao quản trong đá xi măng, ngoài ra sự có mặt của phụ gia khoáng siêu mịn SF làm tăng độ đặc chắc của đá xi măng, cải thiện cấu trúc vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu.

Khi thiết kế thành phần bê tông cường độ cao với hàm lượng pha trộn phụ gia khoáng (SF) và phụ gia siêu dẻo giảm nước (Grace ADVA 181) hợp lý sẽ được một loại bê tông có mác chống thấm rất cao, có thể sử dụng cho tất cả các công trình Thủy lợi có yêu cầu cao về chống thấm, mác chống thấm đạt tới W14 đến W16.

Khi bê tông sử dụng cát mịn, nếu kết hợp với phụ gia khoáng siêu mịn phù hợp thì mác chống thấm tăng lên rất cao. Thực ra trong quá trình thí nghiệm CP4 thì mẫu bê tông gần như không có hiện tượng thấm nước khi tăng lên

cấp W16. Điều này cho thấy việc đưa cát mịn vào thiết kế thành phần bê tông cường độ cao là phù hợp, có thể ứng dụng rộng rãi cho các công trình Thủy lợi.

5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả thí nghiệm về cường độ nén, mác chống thấm cho thấy việc nghiên cứu sử dụng cát hạt mịn để thiết kế thành phần bê tông là rất cần thiết ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. Vì vậy, nếu sử dụng được loại cát này làm bê tông sẽ có thêm nguồn cốt liệu mịn, mở rộng được việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên sẵn có, giải quyết được một phần khan hiếm về cát dùng cho bê tông hiện nay và về lâu dài.

Khi thiết kế thành phần bê tông sử dụng cát hạt mịn nhất thiết phải sử dụng các loại phụ gia khoáng siêu mịn, phụ gia giảm nước bậc cao để giảm tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra của bê tông thiết kế.

Vùng đồng bằng sông Cửu Long hiện nay thi công rất nhiều công trình Thủy lợi đòi hỏi bê tông công trình ngoài việc đảm bảo cường độ cao thì mác chống thấm cũng phải tăng lên, vì môi trường nước bê tông làm việc có nhiều tác nhân gây nên hiện tượng xâm thực bê tông. Hơn nữa nguồn cát ở đây có độ mịn khá cao, do vậy việc nghiên cứu đưa cát mịn vào thiết kế thành phần bê tông là hết sức cần thiết.

Thành phần bê tông được thiết kế với các loại vật liệu trong nước hiện đang được sử dụng cho các công trình xây dựng; mác bê tông thiết kế phù hợp với yêu cầu tăng cường độ và tính bền của bê tông các công trình xây dựng, vì vậy kết quả thí nghiệm có thể là tài liệu tham khảo cho các công trình bê tông có mác thiết kế trong khoảng 70 đến 80MPa, mác chống thấm cao từ W12 đến W16, điều này rất phù hợp với đặc thù của các công trình xây dựng hiện nay.

Vùng đồng bằng sông Cửu Long có nguồn

trấu khá lớn, hàng năm phụ phẩm của công việc xuất khẩu gạo làm dư thừa từ 3 đến 5 triệu tấn trấu, việc tận dụng nguồn trấu dư thừa này trong việc đốt trấu tạo ra sản phẩm phụ gia khoáng có thành phần hóa học và một số tính chất cơ lý gần tương tự với Silica fume sẽ mang lại hiệu quả cao trong việc chế tạo bê tông cường độ cao để xây dựng công trình.

Trong bài báo chỉ mới nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông cường độ cao có sự ảnh hưởng của phụ gia khoáng như Silica fume (SF), cũng như phụ gia siêu dẻo Grace ADVA 181 có tại phòng thí nghiệm Vật liệu - Viện Thủy công.

Trên thực tế còn rất nhiều phụ gia khoáng khác có những tác dụng khác nhau, như tro bay (Fly Ash: FA), metacaolanh (Meta Kaolin: MK), xỉ quặng (Slag), tro trấu (Rice Husk Ash: RHS)... và nhiều hãng sản xuất phụ gia hóa học khác nhau. Trước những yêu cầu ngày càng cao của thực tế sản xuất, thực tế thi công các công trình xây dựng, cần phải sử dụng kết hợp nhiều loại phụ gia khoáng và một số phụ gia hóa học khác nhau để chế tạo ra những loại bê tông có các tính năng ưu việt khác nhau, đảm bảo cường độ và tính bền cho kết cấu, tiết kiệm hơn, cũng như tận dụng các vật liệu địa phương sẵn có.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Quang Phú và Cao Đức Việt, (2010), “Nghiên cứu xác định mối quan hệ mác chống thấm W và hệ số thấm K của bê tông truyền thống dùng trong các công trình thủy lợi”, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Vol.3, No.30, 37-39, 9/2010.
- Nguyễn Quang Phú, (2015), “Thiết kế cấp phối bê tông tính năng cao sử dụng Silica Fume và phụ gia siêu dẻo”, Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường, 9/2015.
- Nguyễn Quang Phú, (2015), “Thiết kế cấp phối bê tông tính năng cao sử dụng Silica Fume và phụ gia siêu dẻo”, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Vol. 3, No. 50, 44-48, 9/2015.
- Nguyễn Việt Trung & nmk, (2012): *Phụ gia và hóa chất dùng cho bê tông*.
- Phạm Duy Hữu, (2008), *Công nghệ bê tông và bê tông đặc biệt* - Nhà Xuất bản Xây dựng.
- TCVN 2682:2009: “Xi măng Pooc-lăng- Yêu cầu kỹ thuật”
- TCVN 3105-1993: “Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu bê tông”
- TCVN 3106 - 2007: “Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt”
- TCVN 3116-2007: “Bê tông- Phương pháp thử độ chống thấm nước ”
- TCVN 3118-2012: “Xác định cường độ chịu nén của bê tông nặng”
- TCVN 4506- 2012: “Nước trộn bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật”
- TCVN 6017: 1995: “Xi măng - Phương pháp thử - Xác định thời gian đông kết”
- TCVN 7572-2006: “Cốt liệu dùng cho bê tông và vữa - Phương pháp thử”
- TCVN 8827:2011: “Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - silicafume và tro trấu nghiền mịn”

Abstract:

DESIGN HIGH STRENGTH CONCRETE USING THE ULTRA-FINE MINERAL ADMIXTURE AND FINE SAND

Using fine sand to design the high strength concrete using the binder of 15% silica fume replacing, combined with reasonable superplasticizer, the concrete will be manufactured with waterproof achieved $W12 \div W16$ and $M70 \div M80$ compressive strength. The designed high strength concrete meets the technical requirements for some of the hydraulic works require high waterproof and high strength.

Keywords: High strength concrete; Silica fume; Super-plasticizer; Waterproof.

BBT nhận bài: 03/4/2017

Phản biện xong: 14/6/2017