

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG HẠT MỊN SỬ DỤNG TRONG CÔNG TRÌNH BIỂN

Tổng Tôn Kiên  
Phạm Hữu Hanh

## ABSTRACT

Compare with the normal concrete, the high performance of fine aggregate concrete has many advantages such as: the structure of fine aggregate is homogeneous, high density, high workability, can be formed by pour or pump through pipes but not segregation, not separations; can be used in various shape, thin shape and wall.

In this article, we has researched and made fine aggregate concrete from aggregate  $D_{max} = 5\text{mm}$ , Portland cement, normal gold sand. The concrete mixture has high flowability, good self compacted,... The concrete has high compressive strength ( $\approx 100\text{MPa}$ ), very low with Chlorite permeability, resistant embedded steel rod equivalent the concrete using sulfate resistant cement.

**Th.S Tổng Tôn Kiên**  
**PGS. TS Phạm Hữu Hanh**  
**Di động: 090 3410315**

**S**o với bê tông thường, bê tông hạt mịn (BTHM) chất lượng cao có nhiều ưu điểm nổi trội như: Có khả năng tạo ra cấu trúc hạt nhỏ đồng nhất chất lượng cao; độ đặc chắc cao; Tính xúc biến cao; Tính công nghệ cao, có khả năng tạo hình các kết cấu bằng phương pháp rót, đập khuôn, ép đùn, vận chuyển theo đường ống; không bị phân tầng, tách nước; Có khả năng thu được những vật liệu có những tổ hợp tính chất đa dạng; Có khả năng thu được những giải pháp kiến trúc kết cấu vách và lớp mỏng, các kết cấu hỗn hợp từ nhiều vật liệu khác nhau,...

Trong bài báo này, các tác giả đã Nghiên cứu chế tạo được loại bê tông hạt mịn  $D_{max} = 5\text{mm}$  từ cát vàng thông thường có độ chảy cao, khả năng tự lèn tốt... Loại bê tông này có cường độ nén  $\approx 100\text{MPa}$ , có khả năng chống thấm ion Cl rất thấp, có khả năng chống ăn mòn cốt thép tương đương BTHM sử dụng xi măng poóc-lăng bền sunphát.

## 1. Giới thiệu chung

Nước ta với hơn 3000km bờ biển với rất nhiều quần đảo cho nên việc xây dựng các công trình biển là vô cùng quan trọng cả về kinh tế, an ninh quốc gia. Hiện nay, các kết cấu công trình biển đã và đang bị phá hoại rất nhanh chóng dưới tác động của môi trường nước biển, [1].

Các kết cấu BT&BTCT trong công trình biển thường là kết cấu khối lớn, tiếp xúc trực tiếp với các môi trường biển nên đòi hỏi có một loại bê tông chất lượng cao có độ đặc chắc, độ bền cao trong môi trường xâm thực biển. [5] Tuy nhiên nếu toàn bộ kết cấu dùng bê tông chất lượng cao sẽ gây lãng phí và giá thành kết cấu rất cao, hơn nữa với kết cấu khối lớn sẽ gây ứng suất nhiệt, nứt kết cấu trong quá trình thi công do trong bê tông chất lượng cao hàm lượng xi măng sử dụng lớn. Như vậy chỉ nên sử dụng bê tông chất lượng cao ở kết cấu bề mặt nhằm bảo vệ, bao che, ngăn cách các kết cấu nơi tiếp xúc trực tiếp với nước biển. Bên cạnh đó bề mặt kết cấu công trình biển thường có mật độ cốt thép rất dày đặc, chiều dày lớp kết cấu bảo vệ lại rất mỏng vì thế đòi hỏi loại hỗn

hợp bê tông cần có độ linh động lớn, kích thước các thành phần vật liệu phải nhỏ và đồng đều. Vì vậy: Việc nghiên cứu chế tạo bê tông hạt mịn sử dụng trong công trình biển ở nước ta là rất cần thiết, [3].

## 2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Xi măng

Kết quả nghiên cứu các tính chất cơ lý của xi măng PC40 Yên Bình (PC40YB) và xi măng PC40 bền sunphát (PC40BS), [3], [4] như sau: (bảng 1)

### 2.2. Cốt liệu

Kết quả nghiên cứu các tính chất cơ bản và kết quả phối hợp thành phần hạt của cốt liệu cát vàng Sông Lô thông thường với  $D_{max}=5\text{mm}$  nhằm đạt độ rỗng nhỏ nhất như sau: (bảng 2)

### 2.3. Phụ gia mịn và siêu mịn

Để tài sử dụng 3 loại phụ gia mịn, siêu mịn là Tro bay nhiệt điện Phả Lại, bột cát quắc nghiên mịn và silicafume. (bảng 3)

### 2.4. Phụ gia siêu dẻo

Kết quả khảo sát lượng dùng PGSD SP51 hợp lý trong hỗn hợp BTHM như sau, [2],[3]: (bảng 4)

## 3. Kết quả nghiên cứu

### 3.1. Khảo sát thành phần hạt của BTHM

Để thiết kế thành phần hạt cho BTHM, Để tài sử dụng phương pháp thực nghiệm khảo sát lượng dùng PGM bột cát quắc và PGSM silicafume nhằm đảm bảo hỗn hợp bê tông có khả năng tự lèn đồng thời cường độ nén của bê tông  $>60\text{Mpa}$ . Kết quả như sau, [6]:

Qua kết quả trên ta thấy lượng dùng  $\text{PGM}=40\%$ ,  $\text{PGSM}=10\%$  thì hỗn hợp BTHM vừa có độ chảy tốt vừa đảm bảo cường độ yêu cầu.

\* Thiết kế sơ bộ thành phần vật liệu cho bê tông hạt mịn

Dựa theo nguyên tắc thể tích tuyệt đối, Ta xác định được thành phần vật liệu trong  $1\text{m}^3$  (1000lít) hỗn hợp bê tông hạt

Bảng 1

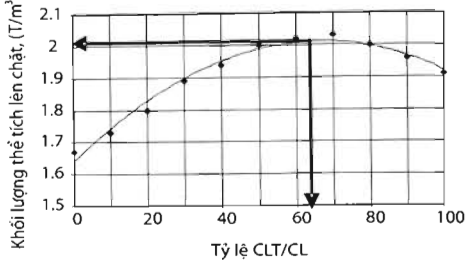
Thành phần hạt của xi măng

Hàm lượng % Cỡ hạt có kích thước hạt < D		10	25	50	75	90
Xi măng PC40YB	Đường kính hạt, (µm)	3,258	8,868	18,41	34,06	53,74
	Kích thước trung bình, (µm)	18,41				
Xi măng PC40BS	Đường kính hạt, (µm)	6,269	12,90	23,27	40,08	59,06
	Kích thước trung bình, (µm)	23,27				

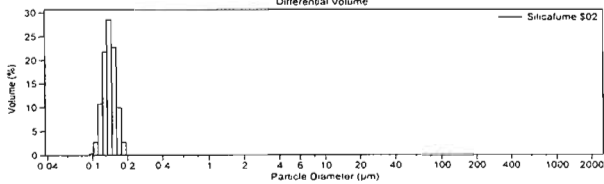
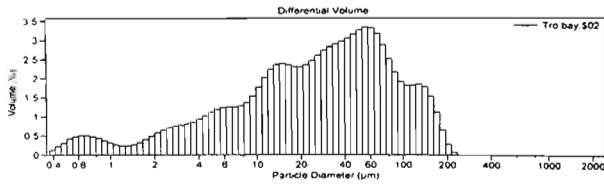
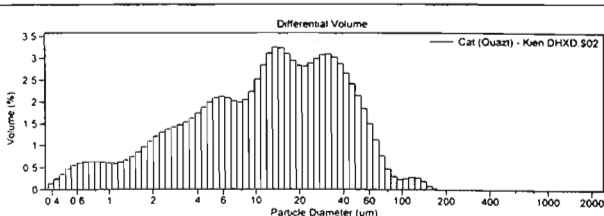
Bảng 2

Kết quả phối hợp hai cấp hạt cốt liệu d=0,63-2,5mm (CLT) và f=0,14-0,63mm (CLM)

Tỷ lệ CLT/CL, (%)	KLTT lên chặt, (t/m <sup>3</sup> )
0	1,67
10	1,73
20	1,80
30	1,89
40	1,94
50	2,00
60	2,02
70	2,03
80	2,00
90	1,96
100	1,91



Bảng 3

	Kích thước trung bình, (µm)	0,141
	Khối lượng riêng, (g/cm <sup>3</sup> )	2,2
	Khối lượng thể tích, (kg/m <sup>3</sup> )	250
	Diện tích bề mặt riêng, (cm <sup>2</sup> /ml)	429.900
	Kích thước trung bình, (µm)	28,47
	Khối lượng riêng, (g/cm <sup>3</sup> )	2,45
	Khối lượng thể tích, (kg/m <sup>3</sup> )	950
	Diện tích bề mặt riêng, (cm <sup>2</sup> /ml)	8619
	Kích thước trung bình, (µm)	13,19
	Khối lượng riêng, (g/cm <sup>3</sup> )	2,70
	Khối lượng thể tích, (kg/m <sup>3</sup> )	-
	Diện tích bề mặt riêng, (cm <sup>2</sup> /ml)	12.954

mịn như sau: (bảng 5)

**3.2. Nghiên cứu sự ảnh hưởng của thành phần vật liệu đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông hạt mịn**

\* Lập quy hoạch bậc một hai mức tối ưu:

Sử dụng phần mềm Maple 7.0, kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số và sự tương

hợp của mô hình ta tìm được phương trình hồi quy như sau:  $Y = 94,88 - 2,525X_1 + 0,975X_2 + 0,375X_1X_2$  (\*)

Từ kết quả trên ta thấy tỷ lệ N/X= 0,32 và C/CKD= 1,6 cho kết quả cường độ nén cao nhất, ta sẽ dùng hai tỷ lệ này làm tâm kế hoạch cho quy hoạch bậc hai khi nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố đến tính chất bê tông hạt mịn.

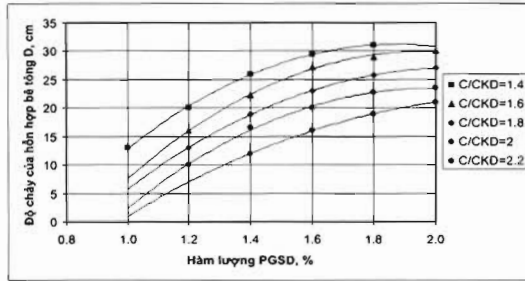
\* Thành phần cấp phối bê tông hạt mịn theo quy hoạch bậc hai tâm xoay, hai nhân tố: (bảng 6)

Sử dụng phần mềm Maple 7.0, kiểm tra tính có nghĩa của các hệ số và sự tương hợp của mô hình ta tìm được các phương trình hồi quy như sau:

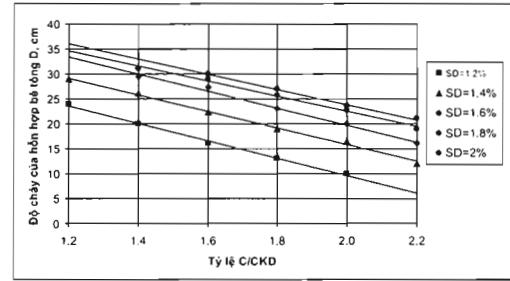
- Phương trình hồi quy về độ chảy của hỗn hợp bê tông hạt mịn:

Bảng 4

N/X=0,32		%SD	Độ chảy D của hỗn hợp bê tông hạt mịn ứng với các tỷ lệ C/CKD, (cm)					
			C/CKD=1,2	C/CKD=1,4	C/CKD=1,6	C/CKD=1,8	C/CKD=2,0	C/CKD=2,2
X, (kg)	637	SD=1,0%	20,00	13,00	-	-	-	-
Si, (kg)	64	SD=1,2%	24,00	20,00	16,00	13,00	10,00	-
TB, (kg)	159	SD=1,4%	29,00	26,00	22,25	19,00	16,50	12,00
BQ, (kg)	255	SD=1,6%	-	29,50	27,25	23,00	20,00	16,00
CKD, (kg)	859	SD=1,8%	-	31,00	29,00	25,75	22,75	19,00
Cát, (kg)	1031	SD=2,0%	-	-	30,00	27,00	23,50	21,00



Biểu đồ quan hệ giữa độ chảy của hỗn hợp bê tông hạt mịn với lượng dùng phụ gia siêu dẻo khi tỷ lệ C/CKD không đổi.



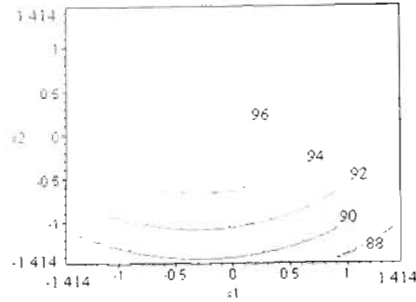
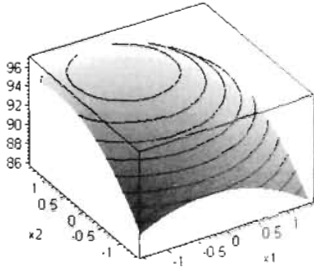
Biểu đồ quan hệ giữa độ chảy của hỗn hợp bê tông hạt mịn với tỷ lệ C/CKD khi lượng dùng phụ gia siêu dẻo không đổi.

Bảng 5

Vật liệu thành phần cho 1m <sup>3</sup> hỗn hợp bê tông hạt mịn							
Xi măng, (kg)	Silicafume, (kg)	Tro bay, (kg)	Bột quắc, (kg)	CKD, (kg)	Cát, (kg)	Nước, (lít)	PGSD, (lít)
564	56	141	226	761	1218	180	12,2

Bảng 6

STT	Biến mã				Lượng dùng vật liệu cho 1m <sup>3</sup> BTHM, (kg)								Kết quả thí nghiệm		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	N/X	C/CKD	XM	Si	TB	BQ	CKD	C	N	SD	Độ chảy, mm	Cường độ uốn, Ru7 (Mpa)	Cường độ nén, Rn7 (Mpa)
1	1	1	0,34	1,80	528	53	132	211	713	1283	179	11,4	212,5	13,6	94,7
2	-1	1	0,30	1,80	539	54	135	216	728	1310	162	11,6	100,0	14,8	97,7
3	1	-1	0,34	1,40	591	59	148	236	798	1117	201	12,8	195,0	12,2	89,5
4	-1	-1	0,30	1,40	605	61	151	242	817	1144	182	13,1	235,0	13,7	92,0
5	1,414	0	0,348	1,60	555	56	139	222	749	1199	193	12,0	250,0	12,4	92,0
6	-1,414	0	0,292	1,60	573	57	143	229	774	1238	167	12,4	182,5	13,5	93,5
7	0	1,414	0,32	1,88	522	52	131	209	705	1325	167	11,3	162,5	14,0	94,6
8	0	-1,414	0,32	1,32	613	61	153	245	827	1092	196	13,2	215,0	12,4	90,3
9	0	0	0,32	1,60	564	56	141	226	761	1218	180	12,2	215,0	13,2	96,5
10	0	0	0,32	1,60	564	56	141	226	761	1218	180	12,2	205,0	12,6	94,9
11	0	0	0,32	1,60	564	56	141	226	761	1218	180	12,2	205,0	13,0	95,2
12	0	0	0,32	1,60	564	56	141	226	761	1218	180	12,2	207,5	13,9	96,7
13	0	0	0,32	1,60	605	61	151	242	817	1144	182	13,1	207,5	13,3	97,0



Bề mặt biểu hiện và các đường đồng mức biểu diễn quan hệ cường độ nén và tỷ lệ N/X, C/CKD của bê tông hạt mịn

Bảng 7

Kết quả thí nghiệm thành phần cấp phối hợp lý của bê tông hạt mịn

KH mẫu	Tỷ lệ		Lượng dùng vật liệu cho 1m <sup>3</sup> BTHM, (kg)							Độ chảy, (mm)	Cường độ uốn, R <sub>u7</sub> (Mpa)	Cường độ nén, R <sub>n7</sub> (Mpa)
	N/X	C/CKD	XM	Si	TB	BQ	C	N	SD			
CP1	0,312	1,74	545	54	136	218	1279	170	11,8	15,5	13,7	96,5
CP2	0,326	1,74	541	54	135	216	1270	176	11,7	23,0	13,2	95,7

Bảng 8

Thành phần vật liệu của các loại mẫu bê tông đối chứng

Lượng dùng các vật liệu thành phần cho 1m <sup>3</sup> bê tông hạt mịn		Các cấp phối thí nghiệm			
		M1	M2	M3	M4
Xi măng Yên Bình	PC40YB	541	541	0	0
Xi măng Bền sunphat	PC40BS	0	0	541	541
Silicafum	Si	54	54	54	54
Tro bay	TB	135	135	135	135
Bột quắc	BQ	216	216	216	216
Nước	N	176	176	176	176
Phụ gia siêu dẻo	SD	11,7	11,7	11,7	11,7
Cát	(0,14-0,63mm)	394	1270	394	1270
	(0,63-5mm)	876		876	
Độ chảy loang của côn vữa, (cm)		23	23,5	21	22
Độ chảy loang của côn Abraham, (cm)		69	68	68	68,5
Thời gian chảy qua phễu V, (s)		19	20	22	20
Khối lượng thể tích, (Kg/m <sup>3</sup> )		2332	2358	2300	2320
<p>Cường độ nén ở tuổi, (Mpa)</p>	3 ngày	76,8	73,2		
	7 ngày	93,2	91,8		
	14 ngày	99,8	97,2		
	21 ngày	109,3	104,9		
	28 ngày	110,4	108,3	106,1	104,6
	56 ngày	120,4	119,8		
Cường độ uốn ở tuổi 28 ngày, (Mpa)		23,5	21,6	20,8	20,1
Độ mài mòn ở trạng thái bão hòa nước, (g/cm <sup>2</sup> )		0,41	0,42		
Độ mài mòn ở trạng thái bão khô, (g/cm <sup>2</sup> )		0,19	0,21		
Cường độ lắng trụ của bê tông, (Mpa)		94,3	84,8		
Độ chống thấm nước		16atm không thấm			
Modun đàn hồi của bê tông, (10 <sup>4</sup> Mpa)		5,51	4,85		

Các tính chất của bê tông hạt mịn trong môi trường xâm thực biển

Kết quả đo dòng ăn mòn theo phương pháp gia tốc, [8]

Thời gian TN (ngày)	Cường độ dòng điện I (mA)						Thời gian TN (ngày)	Cường độ dòng điện I (mA)						Tình trạng bề mặt mẫu
	M <sub>2-1</sub>	M <sub>2-2</sub>	M <sub>2-3</sub>	M <sub>4-1</sub>	M <sub>4-2</sub>	M <sub>4-3</sub>		M <sub>2-1</sub>	M <sub>2-2</sub>	M <sub>2-3</sub>	M <sub>4-1</sub>	M <sub>4-2</sub>	M <sub>4-3</sub>	
0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	60	4,7	4,6	4,7				Bình thường
1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,0	65	4,8	4,8	4,9				M <sub>2-1</sub> xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép
55	4,6	4,4	4,7	4,6	4,5	4,7	70	4,8	4,9	5,0				M <sub>2-2</sub> , M <sub>2-3</sub> xuất hiện gỉ nhẹ cốt thép

Kí hiệu mẫu	Điện lượng truyền qua (C)	Độ thấm ion Clo
M2-1	113	Rất thấp
M2-2	135	Rất thấp
M2-3	124	Rất thấp

Kết quả đo khả năng chống thấm ion clo, [7]

$$D=208,0 + 21,0X_1 - 23,97X_2 + 38,13X_1X_2 - 0,94X_1^2 - 13,85X_2^2$$

- Phương trình hồi quy cường độ nén và cường độ uốn của bê tông hạt mịn

$$R_{u7} = 13,2 - 0,53X_1 + 0,60X_2 + 0,08X_1X_2 + 0,00004X_1^2 + 0,13X_2^2$$

$$R_{n7} = 96,0 - 0,95X_1 + 2,12X_2 + 0,13X_1X_2 - 1,41X_1^2 - 1,56X_2^2$$

\* Xác định thành phần hợp lý của bê tông hạt mịn

Từ các phương trình hồi quy, để tài đã tiến hành kiểm tra các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông hạt mịn nhằm tìm thành phần tối ưu của bê tông hạt mịn tại hai cấp phối như sau:

Cấp phối 1 (CP1) Khi cường độ nén đạt lớn nhất tại  $X_1 = -0,3697$ ,  $X_2 = 0,6968$  hay tỷ lệ N/X = 0,312; C/CKD = 1,74.

Cấp phối 2 (CP2): Xét tại cấp phối có cường độ nén lớn nhất tại  $X_2 = 0,6968$  (C/CKD = 1,74) còn  $X_1 = 0,3245$  (là giá trị nhỏ nhất đảm bảo khả năng tự lèn của hỗn hợp bê tông:  $D \geq 200$ ): (bảng 7)

Qua kết quả thí nghiệm trên, ta có thể chọn cấp phối 2 là cấp phối hợp lý vì nó hỗn hợp bê tông có khả năng tự lèn tốt, các tính chất của bê tông sau rắn chắc cũng không kém hơn nhiều so với bê tông của cấp phối 1.

**3.3. Nghiên cứu tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông hạt mịn sử dụng trong công trình biển** (bảng 8)

Thành phần vật liệu của các loại mẫu bê tông đối chứng

**3.4. Sơ đồ dây truyền công nghệ sản xuất bê tông hạt mịn**

#### 4. Kết luận và kiến nghị

##### Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu chế tạo thành phần bê tông chất hạt mịn sử dụng trong công trình biển để tài rút ra những kết luận sau:

. Có thể chế tạo được BTHM mác 100 dùng trong công trình biển từ: Xi măng poóc-lăng và cát vàng thông thường, sử dụng phụ gia mịn và siêu mịn với tỷ lệ đảm bảo thành phần hạt hợp lý của hỗn hợp bê tông. Các tính chất của loại BTHM này tương đương BTHM dùng xi măng bển sunphát

. Với cùng một tỷ lệ N/X, độ chảy của hỗn hợp bê tông hạt mịn tỷ lệ nghịch với tỷ lệ C/CKD. Điều này phù hợp với quy luật của hỗn hợp bê tông thông thường.

. Bê tông hạt mịn dùng trong công trình biển là loại bê tông chất lượng cao vì: hỗn hợp bê tông hạt mịn có độ chảy lớn (có khả năng tự lèn tốt), cường độ  $\approx 100\text{Mpa}$ , có tính chống thấm tốt (khả năng chống thấm nước: 16atm không thấm, khả năng chống thấm ion clo là rất thấp). Đây là cơ sở thuận lợi cho việc sử dụng bê tông chất lượng cao trong xây dựng các công trình chịu tác động xâm thực của môi trường biển.

##### Kiến nghị

Qua quá trình nghiên cứu, để tài xin đưa ra một số kiến nghị như sau:

. Dựa trên cấp phối bê tông hạt mịn tìm được, cần tiến hành nghiên cứu thêm các tính chất của bê tông trong môi trường ăn mòn thực tế của môi trường nước biển.

. Nghiên cứu ảnh hưởng của các loại phụ gia mịn khác nhau (tro xỉ nhiệt điện, bột đá vôi,...) đến tính chất của bê tông hạt mịn chất lượng cao sử dụng trong công trình biển.

. Nghiên cứu hoàn thiện các phương pháp thí nghiệm về hỗn hợp bê tông hạt mịn sử dụng trong công trình biển. ■