

# Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông xi măng khi nung trong lò ở nhiệt độ cao

■ ThS. NGUYỄN KHÁNH ĐỨC - Trường Đại học Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu về một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông xi măng khi nung trong lò ở nhiệt độ cao. Trong nghiên cứu sử dụng hai loại cốt liệu (đá dăm hoặc sỏi cuội) và hai loại chất kết dính khác nhau (xi măng pooc-lăng PCB 30 hoặc xi măng chịu nhiệt CA50) được nung trong lò với nhiệt độ lên đến 800°C. Kết quả thí nghiệm là cường độ chịu nén ở tuổi 7 ngày trên các mẫu thử hình lập phương có kích thước 70.7x70.7x70.7mm. Các kết quả này được so sánh với trường hợp bê tông xi măng không nung bảo dưỡng mẫu trong phòng ở nhiệt độ 27 ± 0,2°C, độ ẩm 95 - 100%. Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi nhiệt độ tăng lên đến 800°C thì cường độ chịu nén của bê tông xi măng bị suy giảm đáng kể, bề mặt của bê tông xi măng xuất hiện rất nhiều vết nứt và cốt liệu đã dăm quan sát được trên các mẫu phá hoại bị chuyển thành vôi.

**TỪ KHÓA:** Cốt liệu, xi măng, nhiệt độ, cường độ chịu nén, bê tông xi măng.

**ABSTRACT:** The paper presents the research results on some key factors effecting on compressive strength of cement concrete samples at high temperature. In the study, two types of aggregates (crush stone and gravel) and 2 different types of cements (Portland cement PCB 30 or CA50 heat-resistant cement) were used. The samples were set in an oven at temperatures up to 800°C. The compressive strength tests were conducted at 7 days of age on cubic specimens 70.7x70.7x70.7mm. These results were compared with the case of unburnt cement concrete set in the room at temperature of 27 ± 0,2°C, humidity of 95 - 100%. Experimental results showed that when the temperature increased to 800°C, the compressive strength of cement concrete was significantly reduced, the surface of cement concrete appeared many cracks and observed the aggregate on destructive samples converting to lime.

**KEYWORDS:** Aggregate, cement, temperature, compressive strength, cement concrete

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, ngành công nghiệp bê tông đã phát triển mạnh mẽ trên phạm vi toàn thế giới. Ngành công nghiệp bê tông của Việt Nam cũng đang có sự chuyển mình tích cực trong đầu tư cũng như sản xuất. Đối với mỗi loại bê tông đều không thể đáp ứng được đầy đủ mọi yêu cầu của công trình để ra. Chính vì vậy, hiện nay nhiều loại bê tông đặc biệt, mới đã được nghiên cứu và chế tạo nhằm mục đích đáp ứng được yêu cầu đó. Đối với các công trình khi yêu cầu cần chịu tác dụng về nhiệt độ cao, lâu dài và thay đổi bởi nhiệt độ cao đột ngột, các tính chất cơ lý của bê tông thường bị biến đổi và có thể dẫn tới sự suy giảm cường độ nền tảng chí dẫn đến phá hủy. Nguyên nhân của sự suy giảm và phá hủy này là do sự phá hủy của thành phần đá xi măng và cốt liệu trong bê tông [6]. Trong những trường hợp như vậy thì việc cần phải sử dụng đến một loại bê tông chịu nhiệt là rất cần thiết. Mặt khác, chất dính kết được sử dụng chính trong bê tông chịu nhiệt là xi măng aluminat calcium. Tuy nhiên, loại xi măng portland ASTM cũng có thể được sử dụng trong một số kết cấu có nhiệt độ tối đa khoảng 1090°C với cốt liệu được lựa chọn. Để đảm bảo chế tạo được loại bê tông chịu nhiệt tốt cần dựa trên những điều kiện tối ưu của chất liên kết và cốt liệu. Các tính chất nhiệt của cốt liệu, như sự thay đổi thể tích (nở, co ngót hay sự phi tinh thể hóa) và sự phân rã có thể ảnh hưởng đến khả năng này [7]. Do đó, bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của một số loại xi măng, cốt liệu thường dùng và chế độ nhiệt đến cường độ chịu nén của mẫu thử bê tông xi măng.

## 2. CHUẨN BỊ MẪU THỬ

### 2.1. Vật liệu chế tạo và tỷ lệ thành phần

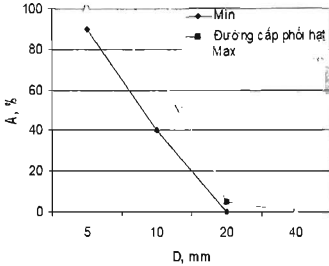


Hình 2.1: Vật liệu chế tạo

#### 2.1.1. Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn được sử dụng cho bê tông thí nghiệm là đá dăm và sỏi cuội đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570-2006; TCVN 7572-2006 [4,5]. Đá có dạng khối, không lẫn nhiều tạp chất và có ít thành phần hạt dẹt.

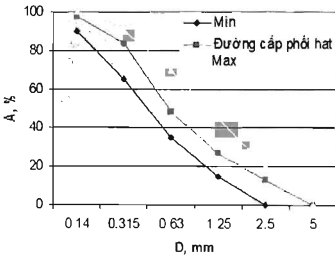
Những hạt đá hình thoi dẹt (chiều rộng hoặc chiều dày nhỏ hơn 1/3 chiều dài) và những hạt mềm yếu, hạt bị phong hóa có ảnh hưởng đến cường độ bê tông. Hàm lượng ion Cl<sup>-</sup> trong cốt liệu không được vượt quá 0.01%. Khả năng phản ứng kiềm silic đối với cốt liệu lớn được quy định như với cốt liệu nhỏ. Thành phần hạt của cốt liệu lớn được thể hiện như Hình 2.2.



Hình 2.2: Biểu đồ thành phần cấp phối hạt của đá đầm

2.1.2. Cốt liệu nhỏ

Cát dùng để chế tạo bê tông thí nghiệm được khai thác ở sông Hồng, đường kính cỡ hạt 0.14 - 5mm. Các tính chất của cốt liệu nhỏ đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570-2006; TCVN7572-2006 [4,5]. Thành phần hạt của cốt liệu lớn được thể hiện như Hình 2.3.



Hình 2.3: Biểu đồ thành phần cấp phối hạt của đá đầm

2.1.3. Xi măng

Trong thí nghiệm này sử dụng xi măng Bút Sơn PCB30 lo số 10B3074 được sản xuất theo Tiêu chuẩn TCVN 6260-1997 [3] và xi măng chịu nhiệt CAS0 có thể chịu đến nhiệt độ 1300°C, thành phần: 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8% SiO<sub>2</sub>; 2.5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; liều lượng pha với nước 24 - 26%.

2.1.4. Nước

Nước để chế tạo bê tông (rửa cốt liệu, nhào trộn và bảo dưỡng bê tông) phải có đủ phẩm chất để không ảnh hưởng xấu đến thời gian ninh kết và rắn chắc của xi măng và không gây ăn mòn cốt thép. Trong nghiên cứu sử dụng nước máy sinh hoạt để trộn bê tông.

2.2. Tỷ lệ thành phần của bê tông xi măng

Hỗn hợp thành phần của bê tông xi măng được thiết kế theo ACI 211-91 [8]. Tỷ lệ thành phần của hỗn hợp được thể hiện ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thành phần cho 01m<sup>3</sup> bê tông với cốt liệu khô (cốt liệu lớn là đá đầm hoặc sỏi)

Vật liệu chế tạo	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Đá (sỏi) (kg)	Nước (lít)
Xi măng PCB30 + Cát + Đá + Nước	302	839	1056	175
Xi măng CAS0 + Cát + Đá + Nước	302	839	1056	175
Xi măng PCB30 + Cát + Sỏi + Nước	302	839	1056	175
Xi măng CAS0 + Cát + Sỏi + Nước	302	839	1056	175

2.3. Kế hoạch thí nghiệm

Số lượng mẫu cho một mẻ trộn là 4 mẫu và kế hoạch thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Kế hoạch thí nghiệm của nghiên cứu

Loại xi măng	Loại cốt liệu	Chế độ nhiệt	Tuổi	Số lượng mẫu	Loại mẫu
PCB30	Đá đầm	Không nung	7 ngày	4	Lập phương 70.7x70.7x70.7mm
PCB30	Đá đầm	Nung 800°C	7 ngày	4	
PCB30	Sỏi cuội	Không nung	7 ngày	4	
PCB30	Sỏi cuội	Nung 800°C	7 ngày	4	
CAS0	Đá đầm	Không nung	7 ngày	4	
CAS0	Đá đầm	Nung 800°C	7 ngày	4	
CAS0	Sỏi cuội	Không nung	7 ngày	4	
CAS0	Sỏi cuội	Nung 800°C	7 ngày	4	

2.4. Chế bị, bảo dưỡng và thí nghiệm mẫu bê tông xi măng

Hỗn hợp bê tông xi măng được chế bị theo Tiêu chuẩn TCVN 3105-1993 [1]. Hỗn hợp sau khi trộn được cho vào khuôn hình lập phương có kích thước 70.7x70.7x70.7mm. Sau khi đúc, mẫu được phủ ẩm ở nhiệt độ trong phòng cho tới khi tháo khuôn rồi tiếp tục bảo dưỡng trong phòng có nhiệt độ 27 ± 2°C, độ ẩm 95 - 100% cho đến ngày tuổi thí nghiệm thử mẫu.

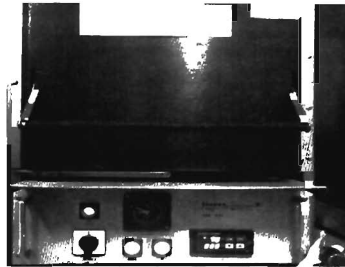
Đối với các mẫu nung trong lò thi sau khi mẫu được bảo dưỡng đến tuổi thí nghiệm. Mẫu được đặt vào tủ sấy và tăng nhiệt độ từ từ lên đến 800°C ± 5°C, nung trong vòng 12 giờ. Khi nung tiến hành rải trên bề mặt lò một lớp sạn chịu lửa có kích thước hạt 0.5mm và không có phản ứng với mẫu thử, khoảng cách giữa các mẫu thử và với thành lò không được nhỏ hơn 20mm. Sau khi nung mẫu thí nghiệm được lấy ra để nguội và đem đi thí nghiệm xác định cường độ chịu nén theo Tiêu chuẩn TCVN 3118-93 [2].



Hình 2.4: Các mẫu bê tông vừa được đúc vào khuôn



Hình 2.5: Quá trình sấy mẫu thử



Hình 2.6: Mẫu đang được nung trong lò ở nhiệt độ 800°C



Hình 2.7: Tiến hành nén phá hoại mẫu bê tông

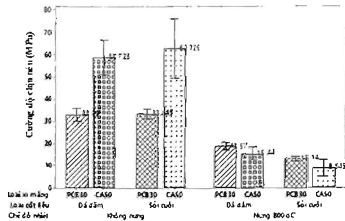
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cường độ chịu nén

Các kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén đối với các mẫu nung và không nung cho các tỉ lệ và cấp phối khác nhau được thể hiện ở Bảng 3.1, Hình 3.1.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm

Loại xi măng	Loại cốt liệu	Chế độ nhiệt	Cường độ chịu nén				Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Hệ số phân tán
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>			
PCB30	Đá dăm	Không nung	31,92	31,04	35,14	34,26	33,09	1,93	5,82
	Đá dăm	Nung 800°C	18,72	19,56	17,24	18,26	18,57	0,97	5,21
PCB30	Sỏi cuội	Không nung	32,86	34,22	31,78	34,92	33,45	1,48	4,19
	Sỏi cuội	Nung 800°C	12,6	12,48	13,68	13,8	13,14	0,70	5,30
CA50	Đá dăm	Không nung	58,9	52,12	63,88	60	58,73	4,89	8,33
	Đá dăm	Nung 800°C	13,52	17,28	15,34	15,12	15,44	1,76	11,39
CA50	Sỏi cuội	Không nung	70,64	64,2	50,74	64,82	62,73	8,96	13,48
	Sỏi cuội	Nung 800°C	10,8	10,26	8,72	9,8	8,85	2,24	26,41



Hình 3.1: Biểu đồ kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của mẫu bê tông xi măng

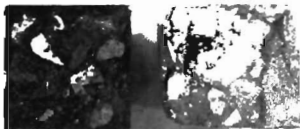
Hình 3.1 thể hiện quan hệ giữa cường độ chịu nén và các yếu tố ảnh hưởng là loại xi măng, loại cốt liệu và chế độ nhiệt. Quan hệ đó ta thấy cường độ chịu nén của các mẫu bê tông xi măng khi nung trong lò ở nhiệt độ cao đều giảm đi đáng kể so với các mẫu không nung. Tuy nhiên, với các loại xi măng và loại cốt liệu lớn khác nhau thì mức độ suy giảm cường độ chịu nén của bê tông xi măng là khác nhau. Đối với các mẫu sử dụng chất kết dính là xi măng PCB 30, cốt liệu lớn là đá dăm suy giảm 43.88% cường độ, các mẫu sử dụng chất kết dính là xi măng PCB 30, cốt liệu lớn là sỏi cuội suy giảm 60.71% cường độ. Còn đối với các mẫu sử dụng chất kết dính là xi măng chịu nhiệt CA50 cốt liệu là đá dăm và sỏi cuội suy giảm cường độ lần lượt là 73.71%, 85.90%, mặc dù xi măng có mức cao hơn và cường độ chịu nén khi chưa nung cao hơn. Giữa hai loại cốt liệu đá dăm và sỏi cuội thì đá dăm có khả năng chịu nhiệt tốt hơn sỏi cuội từ 29.24 đến 42.71%. Hai chất kết dính PCB30 và xi măng CA50 có khả năng chịu nhiệt khác nhau nhiều, xi măng CA 50 còn có xu thế thấp hơn. Như vậy có thể nói, để chế tạo bê tông chịu nhiệt thì chỉ sử dụng chất kết dính chịu nhiệt là chưa đủ, phải sử dụng thêm cốt liệu chịu nhiệt vì cốt liệu chiếm đến 70 - 80% cốt liệu và là bộ khung chịu lực chính của bê tông xi măng nên bê tông xi măng mà sử dụng xi măng chịu nhiệt và cốt liệu thông thường thì chưa phát huy hết các tính năng chịu nhiệt của chất kết dính mà chuyển cáo nên sử dụng loại cốt liệu có khả năng chịu nhiệt và công nghệ chế tạo phù hợp.

3.2. Đặc điểm của mẫu quan sát sau khi nung ở nhiệt độ cao

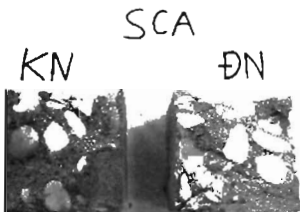
Đặc điểm bề mặt quan sát được trên bề mặt mẫu sau khi nung trong lò ở 800°C thấy xuất hiện rất nhiều vết nứt nhỏ ở trên tất cả các mẫu kể cả mẫu sử dụng chất kết dính chịu nhiệt CA 50 nhưng mật độ vết nứt ít hơn. Đối với các mẫu sau khi nung quan sát thấy các hạt cốt liệu lớn đá dăm, sỏi rất nổi màu sắc so với trường hợp không nung. Các hạt cốt liệu chuyển sang màu trắng giống như vôi, điều này nguyên nhân là ở nhiệt độ cao 800 - 900°C phản ứng nung vôi xảy ra làm tính chất cơ lý và thành phần của cốt liệu bị thay đổi làm giảm yếu khả năng chịu lực cốt liệu và đây cũng là nguyên nhân chính dẫn đến sự suy giảm cường độ của bê tông xi măng.



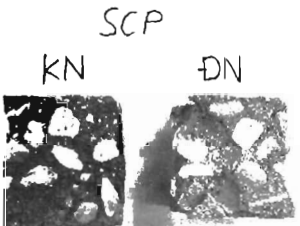
Hình 3.2: Mẫu bê tông sử dụng xi măng CA50, cốt liệu đá dăm trước và sau khi nung



Hình 3.3: Mẫu bê tông sử dụng xi măng PCB30, cốt liệu đá dăm trước và sau khi nung



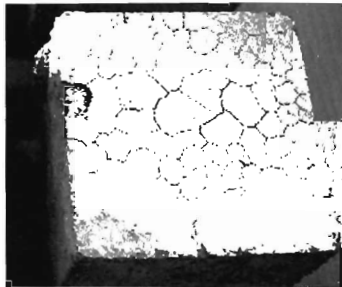
Hình 3.4: Mẫu bê tông sử dụng xi măng CA50, cốt liệu sỏi cuội trước và sau khi nung



Hình 3.5: Mẫu bê tông sử dụng xi măng PCB30, cốt liệu sỏi cuội trước và sau khi nung



Hình 3.6: Bề mặt bị nứt của mẫu sử dụng xi măng CA50 và sỏi cuội



Hình 3.7: Bề mặt bị nứt của mẫu sử dụng xi măng PCB30 và sỏi cuội

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ các kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này, các kết luận và kiến nghị sau có thể được rút ra:

- Cường độ chịu nén của bê tông xi măng khi nung trong lò ở nhiệt độ 800°C giảm đi đáng kể so với trường hợp không nung. Đối với các mẫu sử dụng chất kết dính là xi măng PCB 30 cốt liệu lớn là đá dăm và sỏi cuội suy giảm 43,88%, 60,71% cường độ. Còn đối với các mẫu sử dụng chất kết dính là xi măng chịu nhiệt CA50 cốt liệu là đá dăm và sỏi cuội suy giảm cường độ lần lượt là 73,71%, 85,90%.

- Giữa hai loại cốt liệu đá dăm và sỏi cuội thì đá dăm có khả năng chịu nhiệt tốt hơn sỏi cuội từ 29,24 đến 42,71%.

- Khi ở nhiệt độ cao nung trong lò đến 800°C bề mặt của mẫu bê tông sử dụng chất kết dính xi măng PCB 30 hoặc xi măng chịu nhiệt CA50, cốt liệu đá dăm hoặc cốt liệu sỏi cuội đều xuất hiện các vết nứt gây suy giảm khả năng chịu lực của bê tông.

- Cốt liệu đá dăm hoặc sỏi cuội trong bê tông xi măng ở nhiệt độ cao 800°C bị vôi hóa làm giảm tính năng cơ lý.

- Xi măng CA50 là xi măng chịu nhiệt nhưng có thể nói để chế tạo bê tông chịu nhiệt thì chỉ sử dụng chất kết dính chịu nhiệt là chưa đủ phải sử dụng thêm cốt liệu chịu nhiệt và công nghệ chế tạo phù hợp.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. TCVN 3015 (1993), *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*
- [2]. TCVN 3118 (1993), *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.*
- [3]. TCVN 6260 (1997), *Xi măng poóc-lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật.*
- [4]. TCVN 7570:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa yêu cầu kỹ thuật.*
- [5]. TCVN 7572 (2006), *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.*
- [6]. GS. TS. Phạm Duy Hữu, TS. Ngô Xuân Quảng và Mai Đình Lộc (2011), *Vật liệu xây dựng*, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [7]. ACI 547R-79 *Refractory Concrete: Abstract of State-of-the-Art Report.*
- [8]. American Concrete Institute, *ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete.*

**Ngày nhận bài: 02/4/2019**

**Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2019**

**Người phản biện: TS. Ngô Văn Minh**

**TS. Lê Bá Anh**