

XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN HẠT CỐT LIỆU HỢP LÝ CHO BÊ TÔNG ĐẶC BIỆT NẶNG

TS. Trần Ngọc Tính

Khoa Vật liệu Xây dựng

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo này trình bày các nghiên cứu về xác định thành phần hạt cốt liệu hợp lý cho bê tông đặc biệt nặng với các cốt liệu của Việt nam, mà trong tương lai sẽ rất cần để xây dựng các kết cấu bao che, cản phóng xạ trong các công trình có sử dụng các thiết bị phóng xạ hoặc lò phản ứng hạt nhân. Cốt liệu được nghiên cứu là barit Tuyên Quang, quặng sắt Nghệ An có thành phần cỡ hạt 40-70mm, 20-40mm, 10-20mm, 5-10mm và 0.14-5. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra các tỷ lệ thành phần hạt thích hợp để áp dụng vào việc thiết kế thành phần cấp phối của bê tông đặc biệt nặng cản phóng xạ sử dụng nguồn barit Tuyên Quang, quặng sắt Nghệ an và các loại quặng có khối lượng riêng và các tính chất lý học, hoá học tương tự. Kết quả này là cơ sở cho việc lựa chọn thành phần hạt cốt liệu hợp lý trong việc chế tạo hỗn hợp bê tông đặc biệt nặng sử dụng nguyên vật liệu địa phương Việt nam.

Summary: This paper presents the results of optimization of aggregate grading in ultra heavy concrete using local material, which will be used to construct protection, radiation shielding components in radiation constructions or nuclear power plant. In this study, Tuyen Quang's barite and Nghe An's iron-ore with the grading of 40-70mm, 20-40mm, 10-20mm, 5-10mm and 0.14-5 were used as aggregates. Optimum grading was used to design mix proportion of ultra heavy concrete using Tuyen Quang's barite, Nghe An's iron-ore aggregate or similar materials. These results are the basic foundation for manufacturing of ultra heavy concrete using local materials in Viet Nam.

1. Đặt vấn đề

Ngày 25/11/2009, Quốc hội đã thông qua chủ trương đầu tư dự án điện hạt nhân. Nhà máy điện hạt nhân đầu tiên được đặt tại xã Phước Dinh, huyện Thuận An, tỉnh Ninh Thuận và dự định khởi công xây dựng vào năm 2014. Vì vậy, việc nghiên cứu các nguồn nguyên vật liệu tại chỗ để sử dụng cho việc xây dựng nhà máy điện hạt nhân là hết sức cần thiết và cấp bách. Do trong thiên nhiên không tồn tại loại vật liệu tự nhiên nào có thể đáp ứng đầy đủ tất cả các yêu cầu cần thiết để chế tạo kết cấu bảo vệ sinh học, nên ta cần sử dụng vật liệu nhân tạo, trong đó bê tông đặc biệt nặng chiếm một tỷ trọng cao trong xây dựng nhà máy điện hạt nhân.

Trong thành phần của bê tông đặc biệt nặng, khối lượng riêng của cốt liệu lớn hơn khối lượng riêng của chất kết dính rất nhiều. Bởi vậy, để chế tạo được bê tông có khối lượng lớn nhất cần tính toán thành phần hạt của cốt liệu sao cho độ rỗng của cốt liệu là nhỏ nhất. Lựa chọn thành phần hạt cốt liệu hợp lý cần phải đạt được hai mục đích là hỗn hợp cốt liệu có độ rỗng tối thiểu và đáp ứng yêu cầu về tính công tác của hỗn hợp bê tông. Hỗn hợp cốt liệu có độ rỗng càng nhỏ thì lượng hồ ximăng cần thiết để lấp đầy khoảng trống giữa các hạt cốt liệu và

bao bọc quanh chúng càng nhỏ. Mặt khác, hỗn hợp cốt liệu phải có một tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu lớn thích hợp thì khi nhào trộn với xi măng và nước mới hình thành hỗn hợp bê tông có tính công tác tốt, không bị phân tầng. Đối với cốt liệu dùng cho bê tông đặc biệt nặng cần xem xét ngoài đòi hỏi các yêu cầu về khối lượng riêng, khối lượng thể tích cao còn tính đến các đặc điểm ảnh hưởng của cốt liệu đến các tính chất bền trong môi trường phóng xạ và khả năng chịu nhiệt độ,...

2. Nguyên vật liệu sử dụng

Trong đề tài sử dụng cốt liệu lớn là đá barit Tuyên Quang và cốt liệu nhỏ là quặng sắt Nghệ An và barit Tuyên Quang.

+ Thành phần hóa của quặng barit Tuyên Quang và quặng sắt Nghệ An được nêu trong bảng 1 và 2.

Bảng 1: Thành phần hóa của quặng barit Tuyên Quang

Các oxyt	BaSO ₄	CaO	MgO	SiO ₂	Tổng
Trước khi qui đổi, %	91,62	0,05	0,05	5,28	97
Sau qui đổi về 100%, %	94,454	0,052	0,052	5,442	100

Bảng 2: Thành phần hóa học của quặng sắt

Các oxyt	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	P	S	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
%	70,12%	0,221%	6,25%	0,41%	0,05%	8,815%	1,5%
Các oxyt	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Cr ₂ O ₃	Tổng
%	6,93%	3,88%	0,559%	0,683%	0,372%	0,0103%	100%

+ Các tính chất cơ lý của quặng sắt Nghệ An và barit Tuyên Quang được nêu trong bảng 3 và 4.

Bảng 3: Kết quả xác định các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu từ đá barit Tuyên Quang

Cỡ hạt, mm	KLTT, g/cm ³	Độ rỗng, %	Độ hút nước, %	Khối lượng riêng, g/cm ³	Độ nén đập trong xilanh, %
0,14-5	2.12	48.92	6.00	4.15	5.70
5-10	2.18	47.47	3.30		
10-20	2.21	46.75	1.55		
20-40	2.23	46.27	0.98		
40-70	2.25	45.78	0.55		

Bảng 4: Kết quả xác định các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu từ quặng sắt Nghệ An

Cỡ hạt, mm	KLTT, g/cm ³	Độ rỗng, %	Độ hút nước, %	Khối lượng riêng, g/cm ³	Độ nén đập trong xilanh, %
0,14-5	1.54	60.00	11.56	3.85	12.60
5-10	1.59	58.70	8.34		
10-20	1.62	57.92	6.72		
20-40	1.64	57.40	5.13		
40-70	1.69	56.10	2.21		

3. Nội dung và kết quả nghiên cứu

a) Lựa chọn thành phần cấp hạt 40-70mm và 20-40mm

Quy trình nghiên cứu được tiến hành theo phương pháp Kirienko:

Xác định khối lượng thể tích lèn chặt của đá barit cỡ hạt 40-70mm. Đá được cho vào thùng đong 20 lít làm 3 lớp mỗi lớp rung 1 phút, tìm được lượng đá cỡ hạt 40-70 mm được lèn chặt nhất là: $m_0 = 45.000$ g.

Từ đó, tính được khối lượng thể tích cỡ hạt 40-70 mm ở trạng thái lèn chặt là:

$$\gamma_0 = \frac{m_0}{V} = 2.25 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Độ rỗng ở trạng thái lèn chặt của cỡ hạt 40-70 mm được tính theo công thức sau:

$$r = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\rho_0}\right) * 100 = \left(1 - \frac{2.25}{4.15}\right) * 100 = 45.78\% \quad (2)$$

Trong đó: γ_0 - khối lượng thể tích ở trạng thái lèn chặt của cỡ hạt 40-70mm;

ρ_0 - khối lượng thể tích trong cục của đá.

Để hỗn hợp cốt liệu có độ đặc chắc cao nhất, hỗn hợp cốt liệu có kích thước nhỏ cần lấp đầy lỗ hổng do các hạt cốt liệu có kích thước lớn hơn tạo ra (hệ số điền đầy $\mu=1$). Tuy nhiên, trong thực tế thực hiện không thể đạt được trạng thái lèn chặt tuyệt đối, để đạt được hỗn hợp cốt liệu có độ đặc chắc cao nhất, khối lượng thể tích lớn nhất, tác giả đã tiến hành khảo sát với các giá trị của μ thay đổi từ 1 đến 1.4 với bước nhảy là 0.05.

Ứng với mỗi giá trị của μ sẽ tính được tỷ lệ phối hợp giữa cấp hạt 40-70 mm và 20-40 mm, kết quả được nêu trong bảng 5.

Bảng 5: Kết quả thí nghiệm lựa chọn thành phần cỡ hạt 40-70mm và 20-40mm

STT	μ	Tỷ lệ thành phần hạt (%)		γ_0^{tb} (g/cm ³)	γ_a (g/cm ³)	r (%)
		X_1	X_2			
1	1.00	68.79	31.21	2.49	4.15	40.10
2	1.05	67.73	32.27	2.5	4.15	39.70
3	1.10	66.71	33.29	2.53	4.15	39.15
4	1.15	65.71	34.29	2.55	4.15	38.59
5	1.20	64.75	35.25	2.57	4.15	38.02
6	1.25	63.81	36.19	2.55	4.15	38.47
7	1.30	62.90	37.10	2.52	4.15	39.35
8	1.35	62.01	37.99	2.5	4.15	39.82
9	1.40	61.15	38.85	2.48	4.15	40.28

X_1 là cỡ hạt 40-70mm; X_2 là cỡ hạt 20-40 mm

Kết quả thí nghiệm trong bảng 5 cho thấy, với 64.75 % cỡ hạt 40-70 mm và 35.25 % cỡ hạt 20 - 40 mm thì hỗn hợp cốt liệu có khối lượng thể tích lớn nhất là 2.57 g/cm³, độ rỗng là 38.02% (cấp phối 5, bảng 5).

b) Lựa chọn thành phần cỡ hạt 40-70mm, 20-40mm và 10-20mm

Tiến hành thí nghiệm lựa chọn tỷ lệ cỡ hạt 40-70 mm, 20-40 mm và 10-20mm. Với tỷ lệ giữa cỡ hạt 40-70mm và 20-40mm là không đổi (64.75:35.25), ký hiệu là X_1' . Khi đó ta tiến hành thí nghiệm lựa chọn tỷ lệ cỡ hạt X_1' và cỡ hạt X_3 (loại 10-20mm) để hỗn hợp cốt liệu có độ rỗng nhỏ nhất.

Trình tự thí nghiệm để lựa chọn tỷ lệ hỗn hợp X_1' và X_3 để hỗn hợp cốt liệu đặc chắc nhất được tiến hành tương tự như trên, kết quả thí nghiệm nêu ở bảng 6.

Bảng 6: Kết quả thí nghiệm lựa chọn thành phần hạt 40-70mm, 20-40mm và 10-20mm

STT	μ	Tỷ lệ thành phần hạt (%)		γ_0^{tb} (g/cm ³)	γ_a (g/cm ³)	r (%)
		X_1'	X_3			
1	1.00	75.36	24.64	2.69	4.15	35.12
2	1.05	74.44	25.56	2.78	4.15	32.91
3	1.10	73.55	26.45	2.87	4.15	30.9
4	1.15	72.68	27.32	2.81	4.15	32.34
5	1.20	71.82	28.18	2.79	4.15	32.71
6	1.25	70.99	29.01	2.76	4.15	33.46
7	1.30	70.17	29.83	2.74	4.15	34.09
8	1.35	69.38	30.62	2.71	4.15	34.65
9	1.40	68.60	31.40	2.696	4.15	35.04

Từ kết quả thí nghiệm ở bảng 6, nhận thấy với 73.55 % X_1' và 26.45 % X_3 thì khối lượng thể tích của hỗn hợp cốt liệu đạt giá trị lớn nhất là 2.87 g/cm³ và độ rỗng là 30.9% (cấp phối 3, bảng 6).

c) Lựa chọn thành phần hạt cấp hạt 40-70mm, 20-40mm, 10-20mm và 5-10mm

Tiếp tục tiến hành thí nghiệm 4 thành phần cỡ hạt 40-70mm, 20-40mm, 10-20mm và X_4 (5-10)mm trong đó giữ nguyên tỷ lệ thành phần cấp hạt X_1' : $X_3=73.55:26.45$ và gọi $X_2'=X_1'+X_3$.

Bảng 7: Kết quả thí nghiệm lựa chọn thành phần cỡ hạt 40-70mm, 20-40mm, 10-20mm và 5-10mm

STT	μ	Tỷ lệ thành phần hạt (%)		γ_0^{tb} (g/cm ³)	γ_a (g/cm ³)	r (%)
		X_2'	X_4			
1	1.00	80.99	19.01	2.88	4.15	30.63
2	1.05	80.23	19.77	2.91	4.15	29.89
3	1.10	79.48	20.52	2.97	4.15	28.49
4	1.15	78.75	21.25	2.91	4.15	29.91
5	1.20	78.02	21.98	2.89	4.15	30.47
6	1.25	77.32	22.68	2.86	4.15	31.16
7	1.30	76.62	23.38	2.81	4.15	32.20
8	1.35	75.94	24.06	2.77	4.15	33.22
9	1.40	75.27	24.73	2.73	4.15	34.19

Từ bảng 7 ta thấy với 79.48% X_2' và 20.52% X_4 thì hỗn hợp cốt liệu có khối lượng thể tích lớn nhất là 2.97g/cm³ và độ rỗng là 28.49% (cấp phối 3, bảng 7).

Từ các kết quả thí nghiệm trên ta nhận được thành phần % các cỡ hạt cốt liệu lớn để cho cốt liệu lớn đá barit đặc chắc nhất (bảng 8):

Bảng 8: Thành phần các cỡ hạt của cốt liệu lớn barit Tuyên Quang

Cỡ hạt (mm)	40-70	20-40	10-20	5-10	Tổng
%	37.85	20.61	21.02	20.52	100

d) Lựa chọn tỷ lệ giữa cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn Barit Tuyên Quang

Trình tự tiến hành thí nghiệm được tiến hành như trên, trong đó cát barit là vật liệu điền đầy thể tích rỗng của hỗn hợp đá barit.

Bảng 9: Kết quả lựa chọn tỷ lệ giữa cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ barit Tuyên Quang

STT	μ	Tỷ lệ thành phần hạt (%)		γ_0^{tb} (g/cm ³)	γ_a (g/cm ³)	r (%)
		CLL	CLB			
1	1.00	83.10	16.90	3.14	4.15	24.38
2	1.05	82.40	17.60	3.17	4.15	23.61
3	1.10	81.72	18.28	3.20	4.15	22.84
4	1.15	81.05	18.95	3.17	4.15	23.68
5	1.20	80.38	19.62	3.15	4.15	24.16
6	1.25	79.73	20.27	3.09	4.15	25.57
7	1.30	79.09	20.91	3.07	4.15	25.96
8	1.35	78.46	21.54	3.05	4.15	26.55
9	1.40	77.84	22.16	3.02	4.15	27.34

Từ bảng 9 ta thấy với tỷ lệ 81.72% cốt liệu lớn và 18.28% cốt liệu nhỏ thì thu được hỗn hợp cốt liệu có khối lượng thể tích lớn nhất là 3.2 g/cm³ và độ rỗng nhỏ nhất là 22.84% (cấp phối 3, bảng 9).

e) Lựa chọn thành phần hạt cốt liệu lớn barit với cốt liệu bé quặng sắt

Quặng sắt có khả năng hấp thụ bức xạ cao hơn đá barit vì lượng nước liên kết hóa học ở trong quặng sắt nhiều hơn lượng nước hóa học chứa trong đá barit. Do đó, để tăng tính chất hấp thụ bức xạ cho bê tông mà vẫn đảm bảo được tính kinh tế ta tiến hành kết hợp cốt liệu lớn là barit và cốt liệu bé là quặng sắt. Cốt liệu bé có kích thước (0.14-5) mm.

Trình tự thí nghiệm tiến hành như trên, trong đó vật liệu điền đầy thể tích rỗng của hỗn hợp cốt liệu lớn barit là cốt liệu bé quặng sắt. Cốt liệu lớn là đá barit có thành phần cấp hạt nêu trong bảng 8. Kết quả thu được ghi trong bảng 10.

Bảng 10: Kết quả lựa chọn tỷ lệ giữa cốt liệu lớn barit và cốt liệu bé quặng sắt

STT	μ	Tỷ lệ thành phần hạt (%)		γ_o^{lb} (g/cm ³)	γ_a (g/cm ³)	r (%)
		CLL	CLB			
1	1.00	87.13	12.87	2.90	4.14	30.00
2	1.05	86.57	13.43	2.94	4.11	28.42
3	1.10	86.02	13.98	2.99	4.09	27.00
4	1.15	85.48	14.52	2.96	4.09	27.56
5	1.20	84.94	15.06	2.91	4.07	28.43
6	1.25	84.41	15.59	2.89	4.05	28.71
7	1.30	83.89	16.11	2.86	4.03	28.94
8	1.35	83.37	16.63	2.84	4.01	29.15
9	1.40	82.86	17.14	2.81	3.99	29.63

Từ bảng 10 nhận thấy với tỷ lệ phối hợp 86.02% cốt liệu lớn và 13.98 % cốt liệu nhỏ thu được hỗn hợp cốt liệu có khối lượng thể tích lớn nhất là 2.99 g/cm³ và độ rỗng của hỗn hợp cốt liệu là 27%.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã đưa ra các tỷ lệ thành phần hạt thích hợp để áp dụng vào việc thiết kế thành phần cấp phối của bê tông đặc biệt nặng cân phóng xạ sử dụng nguồn ba rít Tuyên Quang, quặng sắt Nghệ an và các loại quặng có khối lượng riêng và các tính chất lý học, hoá học tương tự. Kết quả này là cơ sở khoa học cơ bản cho việc thiết kế thành phần cấp phối bê tông sử dụng trong chế tạo hỗn hợp bê tông đặc biệt nặng sử dụng nguyên vật liệu địa phương Việt Nam phục vụ việc xây dựng nhà máy điện hạt nhân đầu tiên tại Ninh Thuận sẽ được khởi công xây dựng vào năm 2014 và các công trình gia tải cần bê tông có khối lượng riêng lớn.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Ngọc Tính (2006), *Nghiên cứu chế tạo vữa và bê tông cân phóng xạ từ nguồn nguyên vật liệu địa phương Việt Nam*, Đề tài KH&CN cấp Bộ Xây dựng.
2. Bazenov Iu.M., Bạch Đình Thiên, Trần Ngọc Tính (2004), *Công nghệ bê tông*, Nhà xuất bản Xây dựng.
3. TCXD 1998 (1999), *Vật liệu và cấu kiện xây dựng*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
4. TCVN (2000), *Các tiêu chuẩn về vật liệu xây dựng*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
5. TCVN (2003) - *Tiêu chuẩn vật liệu xây dựng*. Nxb Xây dựng, Hà Nội.
6. Trần Ngọc Tính (2010), *Nghiên cứu công nghệ chế tạo vữa và bê tông cân phóng xạ từ ba rít, limonhit với các hạt cốt liệu đến $D_{max}=70\text{mm}$ đối với các tia neutron*, Đề tài KH&CN cấp Bộ Xây dựng.
7. Дубровского В.Б. (1987), *Строительство атомных электростанций*, Москва энергоатомиздат.
8. Дубровский В. Б. (1983), *Строительные материалы и конструкции защиты от ионизирующих излучений*. Москва стройиздат.

