

NGHIÊN CỨU CẤP PHỐI CỐT LIỆU LỚN CỦA BÊ TÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM TRỰC GIAO

Đặng Văn Thanh¹, Phạm Văn Tĩnh²

^{1,2}TS. Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Bài viết này đánh giá sự ảnh hưởng của cấp phối cốt liệu lớn đến độ sụt và cường độ của bê tông bằng phương pháp quy hoạch trực giao và các thí nghiệm trong phòng. Từ các loại nguyên vật liệu được lựa chọn, sử dụng phương pháp lý thuyết kết hợp thực nghiệm, tiến hành thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông. Sau đó, cố định hàm lượng các thành phần vật liệu (cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, xi măng và nước) theo thiết kế, điều chỉnh cấp phối cốt liệu lớn theo các mức nằm trong giới hạn cho phép, nhào trộn hỗn hợp xác định độ sụt và chế tạo các mẫu xác định cường độ chịu nén. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, sự ảnh hưởng của cấp phối cốt liệu lớn đến độ sụt và cường độ chịu nén là rất rõ rệt; đề xuất với các loại bê tông sử dụng vật liệu tương tự, khoảng tối ưu về hàm lượng của cốt liệu lớn trên các mặt sàng là: $A_{20} = 5\%$, $A_{10} = 50 - 60\%$ và $A_5 = 95\%$.

Từ khóa: *Cấp phối cốt liệu, cường độ bê tông, độ sụt, thí nghiệm trực giao.*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thiết kế thành phần bê tông thì việc xác định cấp phối cốt liệu và các tính chất kỹ thuật của cốt liệu là đặc biệt quan trọng, nó ảnh hưởng rất lớn đến đặc tính kỹ thuật của bê tông thiết kế. Nghiên cứu của Baalbaki và cộng sự (1991) chỉ rõ: Khi hàm lượng cốt liệu lớn theo thể tích 20%, cường độ chịu kéo uốn và chịu nén của bê tông nhỏ hơn cả của vữa xi măng; khi nằm trong khoảng 30 – 40%, cường độ chịu kéo uốn và chịu nén của bê tông là thấp nhất; sau đó, theo mức độ tăng của hàm lượng cốt liệu lớn, cường độ và mô đun đàn hồi của bê tông sẽ tăng lên. Wang, Zemin và cộng sự (1995) cho rằng: Sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu lớn đến cường độ chịu kéo uốn và cường độ chịu nén của bê tông là khác nhau; khi cùng tỉ lệ nước – xi măng, hàm lượng cốt liệu lớn càng nhỏ, càng có lợi cho khả năng chịu kéo uốn của bê tông, trong khi cường độ chịu nén của bê tông đạt giá trị cao nhất khi hàm lượng cốt liệu lớn trong khoảng 68% đến 80%; kết hợp các điều kiện tỉ lệ về thể tích cốt liệu lớn nên không chế trong khoảng 74% đến 78%. Turan và cộng sự (1997) cho rằng: Sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu lớn đến cường độ chịu nén của các cấp

bê tông là khác nhau; với bê tông thường, hàm lượng cốt liệu lớn nên lấy 50%, bê tông cường độ cao nên lấy 60%; hàm lượng cốt liệu lớn cao hoặc thấp quá đều không có lợi. Alain Derris (2002) qua kết quả thí nghiệm sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu lớn đến tính công tác của hỗn hợp bê tông, cho rằng: Khi vữa xi măng có cường độ khoảng 20MPa, hàm lượng và đường kính cốt liệu lớn là tham số ảnh hưởng rõ rệt nhất. Ở Trung Quốc, nghiên cứu của Tô Khai Vĩ (2005) cho rằng: Hàm lượng cốt liệu lớn có quan hệ với cường độ chịu kéo uốn của bê tông, với các loại bê tông khác nhau, hàm lượng của cốt liệu lớn cũng khác nhau: Với bê tông cường độ cao là 50% - 60%, bê tông cường độ trung bình là 35 - 50%, với bê tông cường độ thấp ảnh hưởng không đáng kể; Hình Phong và cộng sự (2001) qua kết quả thí nghiệm trực giao (quy hoạch thực nghiệm), đưa ra mô hình toán hoặc sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu lớn và đường kính cốt liệu lớn nhất, cho rằng: Hàm lượng cốt liệu lớn có ảnh hưởng rất rõ rệt với bê tông cường độ cao. Ở Việt Nam, nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố cốt liệu đến tính năng của bê tông xi măng còn rất hạn chế, chưa mang tính hệ thống; chưa có các báo cáo khoa học về ảnh

hưởng của cấp phối cốt liệu lớn.

II. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Chất kết dính: Sử dụng xi măng pooc lăng

PC 30 được sản xuất tại Nhà máy xi măng Lương Sơn – Hòa Bình – Việt Nam. Các thông số kỹ thuật cơ bản của loại xi măng này đều thỏa mãn quy định của Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 2682: 2009), được thể hiện ở bảng 01.

Bảng 01. Một số chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng PC-30

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Trị số
Giới hạn bền nén:		
1	- Sau 3 ngày ± 45 phút	≥ 16 N/mm ²
	- Sau 28 ngày ± 8 giờ	≥ 30 N/mm ²
Thời gian đông kết		
2	- Bắt đầu	≥ 45 phút
	- Kết thúc	≤ 375 phút
Độ nghiền mịn, xác định theo:		
3	- Phần còn lại trên sàng kích thước lỗ 0,09 mm	≤ 15%
	- Bề mặt riêng, phương pháp Blaine	≥ 2800 cm ² /g

Cốt liệu: Sử dụng cốt liệu nhỏ là loại cát vàng Sông Hồng, khai thác tại khu vực Sơn Tây – Hà Nội – Việt Nam; cốt liệu lớn là loại đá dăm được khai thác và chế biến từ mỏ đá Hòa Thạch – Quốc Oai – Hà Nội; các thông số kỹ thuật của cốt liệu đều thỏa mãn quy định của

Tiêu chuẩn Việt Nam.

Thành phần bê tông: Áp dụng phương pháp lý thuyết kết hợp thực nghiệm để thiết kế thành phần bê tông B15; kết quả lựa chọn các thành phần vật liệu và cấp phối cốt liệu lớn được thể hiện ở các bảng 02a và bảng 02b.

Bảng 02a. Lựa chọn thành phần vật liệu chế tạo bê tông

D (kg/m ³)	C (kg/m ³)	X (kg/m ³)	N (lít)
1140	765	390	195

Bảng 02b. Cấp phối cốt liệu lớn chế tạo bê tông

A ₂₀ (0%)	A ₁₀ (0%)	A ₅ (0%)
8	55	93

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên cơ sở kết quả thiết kế thành phần bê tông; bằng việc điều chỉnh hàm lượng các nhóm hạt trong cốt liệu lớn, tiến hành chế tạo mẫu và làm thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông và cường độ chịu nén của bê tông; thông qua các kết quả thí nghiệm, phân tích tổng hợp và đánh giá sự ảnh hưởng đến độ sụt và cường độ.

2.2.1. Phương pháp thí nghiệm trực giao

Để đánh giá sự ảnh hưởng của cấp phối cốt

liệu lớn đến tính chất của bê tông, nhóm tác giả sử dụng phương pháp thí nghiệm trực giao. Thiết kế thí nghiệm trực giao (Orthogonal experimental design) là phương pháp nghiên cứu thí nghiệm sự ảnh hưởng của nhiều yếu tố với nhiều mức thí nghiệm. Dựa trên cơ sở phương pháp thiết kế thí nghiệm khoa học, phương pháp trực giao có ưu điểm cơ bản là giảm thiểu số lượng thí nghiệm, từ đó giảm công sức và kinh phí làm thí nghiệm. Thực tế cho thấy, đây là phương pháp thí nghiệm rất

hiệu quả, nhanh chóng và kinh tế. Trình tự thiết kế và phân tích kết quả thí nghiệm theo phương pháp thí nghiệm trực giao gồm 3 bước:

- Thiết kế phương án thí nghiệm;
- Tiến hành thí nghiệm;
- Phân tích kết quả thí nghiệm.

2.2.2. Phương án thí nghiệm trực giao

Trên cơ sở khoảng cho phép trong tiêu

chuan về trị số lượng sót tích lũy của cốt liệu lớn trên các mặt sàng 20 mm, 10 mm và 5 mm, lựa chọn 3 yếu tố ảnh hưởng tương ứng với 3 cỡ sàng (ký hiệu: A₂₀, A₁₀ và A₅). Tại mỗi cỡ sàng lựa chọn 3 trị số lượng sót tích lũy làm 3 mức thí nghiệm của mỗi yếu tố. Cụ thể được thể hiện ở bảng 03.

Bảng 03. Các yếu tố và mức thí nghiệm trực giao

Mức thí nghiệm	Yếu tố thí nghiệm		
	A ₂₀ (%)	A ₁₀ (%)	A ₅ (%)
1	0,0	40	90,0
2	3,3	50	93,3
3	6,6	60	96,6
4	10,0	70	100,0

Dựa trên phương pháp thiết kế thí nghiệm trực giao, lựa chọn bảng trực giao 5 yếu tố và 4 mức thí nghiệm, tiến hành thiết kế thí nghiệm

và có được 16 tổ hợp thí nghiệm. Kết quả cụ thể thể hiện ở bảng 04.

Bảng 04. Thiết kế phương án thí nghiệm trực giao

Tổ hợp thí nghiệm	A ₂₀	A ₁₀	A ₅
1	1 (0%)	1 (40%)	1 (90%)
2	1	2 (50%)	2 (93,3%)
3	1	3 (60%)	3 (96,6%)
4	1	4 (70%)	4 (100%)
5	2 (3,3%)	1	2
6	2	2	3
7	2	3	4
8	2	4	1
9	3 (6,6%)	1	3
10	3	2	4
11	3	3	1
12	3	4	2
13	4 (10%)	1	4
14	4	2	1
15	4	3	2
16	4	4	3

Theo kết quả thiết kế thành phần bê tông và phương án thí nghiệm, chế tạo các mẫu bê tông, xác định độ sụt và cường độ chịu nén. Mỗi tổ hợp thí nghiệm chế tạo không ít hơn 4 mẫu

(TCVN 3106: 1993 và TCVN 3118: 1993).

Từ số lượng lớn kết quả thí nghiệm, phân tích đánh giá sự ảnh hưởng của cấp phối cốt liệu lớn đến độ sụt và cường độ chịu nén; đồng

thời lựa chọn giá trị tối ưu.

2.2.3. Thí nghiệm xác định độ sụt và cường độ chịu nén

Độ sụt của hỗn hợp và cường độ chịu nén của bê tông được xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 3106: 1993 và TCVN 3118: 1993).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thí nghiệm trực giao

Dựa vào phương án thí nghiệm trực giao đã thiết kế và các quy trình thí nghiệm, tiến hành thí nghiệm xác định độ sụt và cường độ chịu nén. Kết quả trung bình về độ sụt (S) và cường độ chịu nén (R_b) của các tổ hợp mẫu thí nghiệm được ghi ở bảng 05.

Bảng 05. Kết quả thí nghiệm trực giao

Tổ thí nghiệm	A ₂₀	A ₁₀	A ₅	S (cm)	R _b (MPa)
1	1 (0%)	1 (40%)	1 (90%)	4,4	20,3
2	1	2 (50%)	2 (93,3%)	4,4	21,8
3	1	3 (60%)	3 (96,6%)	4,3	21,8
4	1	4 (70%)	4 (100%)	4,3	21,0
5	2 (3,3%)	1	2	4,3	21,5
6	2	2	3	4,2	23,0
7	2	3	4	4,2	22,8
8	2	4	1	4,1	22,7
9	3 (6,6%)	1	3	4,0	22,6
10	3	2	4	4,1	23,0
11	3	3	1	4,0	22,8
12	3	4	2	3,9	22,6
13	4 (10%)	1	4	3,6	21,8
14	4	2	1	3,7	21,9
15	4	3	2	3,5	21,7
16	4	4	3	3,5	21,4
Yêu cầu				≥ 3	≥ 20

3.2. Phân tích phương án tối ưu

Từ kết quả ở bảng 05 cho thấy, các nhóm mẫu thí nghiệm có độ sụt và cường độ chịu nén đều thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn. Điều này chứng tỏ với cốt liệu lớn, trong phạm vi biến thiên cho phép của lượng sót tích lũy trên các mặt sàng mà tiêu chuẩn quy định đều đảm bảo thỏa mãn các chỉ tiêu cơ bản của loại bê tông

thiết kế, trong đó có độ sụt và cường độ chịu nén. Tuy nhiên, từ kết quả ở bảng 05 cũng cho thấy, khi hàm lượng các cỡ hạt thay đổi thì độ sụt và cường độ bê tông cũng thay đổi. Để đánh giá mức độ thay đổi này, chúng tôi sử dụng phương pháp phân tích phương sai, kết quả phân tích thể hiện ở bảng 06 và bảng 07.

Bảng 06. Tổng hợp phân tích kết quả thí nghiệm trực giao

Chỉ tiêu	Tham số phân tích thống kê	A ₂₀	A ₁₀	A ₅
S (cm)	K ₁	69,3	65,6	64,7
	K ₂	67,0	65,0	64,3
	K ₃	63,9	64,0	64,1
	K ₄	57,2	62,8	64,3
	Phương sai	5,1781	0,2819	0,0119
	Phương án tối ưu	A ₂₀₋₁ A ₁₀₋₁ A ₅₋₁		

R _b (MPa)	K ₁	339,9	345,0	350,8
	K ₂	360,2	359,2	350,2
	K ₃	363,6	356,0	355,2
	K ₄	347,2	350,7	354,7
	Phương sai	23,0717	7,2767	1,2567
Phương án tối ưu		A ₂₀₋₃ A ₁₀₋₂ A ₅₋₃		

Ghi chú: K₁ - K₄ là trị số tương ứng với tổng giá trị 4 lần thí nghiệm của các mức thí nghiệm.

Bảng 07. Phương án tối ưu tương ứng với các chỉ tiêu

Chỉ tiêu tính năng	Phương án tối ưu (%)		
	A ₂₀	A ₁₀	A ₅
Độ sụt, S	0	40	90
Cường độ chịu nén R _b	6,6	50	96,6

Từ kết quả ở bảng 06 và bảng 07 cho thấy: với chỉ tiêu độ sụt, phương án tối ưu tương ứng với lượng sót tích lũy trên các cỡ sàng là nhỏ nhất trong phạm vi cho phép. Điều này hoàn toàn hợp lý, bởi khi lượng sót tích lũy trên các cỡ sàng này nhỏ cũng đồng nghĩa với lượng lọt qua các sàng này lớn và cốt liệu lớn chứa nhiều hạt có kích thước nhỏ. Khi bê tông chứa nhiều cốt liệu hạt nhỏ thì độ sụt sẽ tăng lên. Phương án tối ưu: A₂₀₋₁ (A₂₀ = 0%), A₁₀₋₁ (A₁₀ = 40%) và A₅₋₁ (A₅ = 90%).

Với chỉ tiêu cường độ chịu nén, phương án tối ưu của lượng sót tích lũy trên các mặt sàng là A₂₀₋₃ (A₂₀ = 6,6%), A₁₀₋₂ (A₁₀ = 50%) và A₅₋₃ (A₅ = 6,6%). Điều này cũng hoàn toàn hợp lý, bởi khi hàm lượng hạt có kích thước lớn trong cốt liệu lớn tăng ở một phạm vi nào đó sẽ làm tăng cường độ của bê tông; khi hàm lượng các hạt lớn vượt quá giới hạn (khi đó các hạt cốt liệu nhỏ không đủ lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn) sẽ làm giảm cường độ bê tông.

Tổng hợp phân tích kết quả thí nghiệm, trên cơ sở thỏa mãn độ sụt cho phép theo tiêu chuẩn và nâng cao cường độ bê tông, với loại bê tông có cường độ chịu nén thiết kế R_b = 20 MPa, sử dụng cốt liệu lớn là đá dăm 5 - 20 mm, cốt liệu nhỏ là cát vàng và xi măng PC - 30 có thể lựa chọn khoảng tối ưu về lượng sót tích lũy của

cốt liệu lớn trên các mặt sàng là: A₂₀ = 5%, A₁₀ = 50 - 60% và A₅ = 95%.

IV. KẾT LUẬN

Cấp phối cốt liệu lớn có ảnh hưởng rõ rệt đến độ sụt và cường độ chịu nén của bê tông;

Khi hàm lượng các cỡ hạt nằm trong khoảng cho phép của tiêu chuẩn, độ sụt của hỗn hợp cường độ chịu nén của bê tông biến đổi không nhiều và đều thỏa mãn trị số yêu cầu;

Với các loại bê tông sử dụng vật liệu tương tự và cấp tương đương B15, khoảng tối ưu về lượng sót tích lũy của cốt liệu lớn trên các mặt sàng là: A₂₀ = 5%, A₁₀ = 50 - 60%) và A₅ = 95%).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alain Denis (2002). Effect of coarse aggregate on the workability of sanderete. *Cement and Concrete Research*, 32 (5): 701-706.
2. Baalbaki, Walid, et al (1991). Influence of coarse aggregate on elastic properties of High-performance concrete. *ACI Material Journal*.
3. Turan, ozturan, cangizhanlece (1997). Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concrete with different strengths. *Cement and Concrete Research*, vol.27, no.2.
4. Wang zemin, etal (1995). *Development of Rapid Hardening and Early-strength cement concrete for Highway pavemenis*. ZNDICPT'95, Proceeding.
5. 宋开伟 (2005). 粗集料对混凝土抗折强度影响的研究. 重庆大学.

RESEARCH ON COARSE AGGREGATE GRADED OF CONCRETE BY ORTHOGONAL EXPERIMENT METHOD

Dang Van Thanh, Pham Van Tinh

SUMMARY

This study evaluates the effect of coarse aggregate gradation on slump of mixture and compressive strength of concrete by using orthogonal experiment method and experimental methods in laboratory. Based on the selected materials in this study, the concrete component was designed by both theoretical and empirical method to create the contents of the concrete mixture. Afterwards, the rate of large dimension materials are fixed as designed (coarse aggregate, fine aggregate, cement and water), the coarse aggregate gradation is changed by different levels within permissible boundary in order to determine the slump of the concrete mixtures and to create the concrete samples for testing the compressive strength. The results show that, the effects of the coarse aggregate gradation on slump are significant. For concrete mixtures using similar materials, the optimal volume of coarse aggregate gradation are about $A_{20} = 5\%$, $A_{10} = 50 - 60\%$, and $A_5 = 95\%$.

Keywords: *Aggregate gradation, concrete strength, orthogonal experiment, slump.*

Người phản biện : TS. Nguyễn Việt Anh
Ngày nhận bài : 27/10/2015
Ngày phản biện : 19/11/2015
Ngày quyết định đăng : 15/12/2015