

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN TÍNH CÔNG TÁC VÀ ĐỘ PHÂN TẦNG CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG POLYSTYRENE KẾT CẤU

TS. HOÀNG MINH ĐỨC, ThS. LÊ PHƯƠNG LY  
Viện KHCN Xây dựng

**Tóm tắt:** *Bê tông polystyrene kết cấu với khối lượng thể tích từ 1.400 kg/m<sup>3</sup> đến 2.000 kg/m<sup>3</sup> có thể được chế tạo bằng cách thêm cốt liệu nhẹ polystyrene phồng nở vào hỗn hợp bê tông nặng (bê tông nền). Khi đó, tính chất của bê tông nhẹ thu được sẽ phụ thuộc vào tính chất và lượng cốt liệu nhẹ thêm vào cũng như đặc tính của bê tông nền. Kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo này cho thấy độ phân tầng và tính công tác của hỗn hợp bê tông polystyrene phụ thuộc vào khối lượng thể tích của bê tông nhẹ và tính công tác của bê tông nền. Để hạn chế phân tầng có thể giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông hoặc điều chỉnh độ nhớt của hồ xi măng bằng cách sử dụng phụ gia. Giảm kích thước hạt cốt liệu của bê tông nền cũng là một biện pháp hữu hiệu để hạn chế độ phân tầng của bê tông polystyrene kết cấu.*

**Từ khóa:** *bê tông nhẹ, cốt liệu polystyrene, BPK, hạt polystyrene phồng nở.*

**Abstract:** *Lightweight structural polystyrene concrete with unit weight from 1,400 kg/m<sup>3</sup> to 2,000 kg/m<sup>3</sup> can be made by adding lightweight polystyrene aggregate to concrete mixtures (matrix). The properties of lightweight concretes depend on properties and volume of added lightweight aggregate and properties of matrix. The research results presented in this article show that the segregation and workability of the polystyrene concrete mixtures depend on the unit weight of the concrete and the workability of the matrix. The segregation can be reduced by decreasing the workability of the matrix or modifying viscosity of the matrix by using admixtures. It also shows that decreasing the aggregate's size of the matrix is the effective way to reduce the segregation of the lightweight polystyrene concrete mixtures.*

**Keywords:** *lightweight concrete, polystyrene aggregate, structural polystyrene concrete, BPK.*

### 1. Mở đầu

Bê tông nhẹ sử dụng hạt polystyrene phồng nở (EPS) đã được nghiên cứu ứng dụng tại nhiều

nước trên thế giới từ giữa thập niên 70 của thế kỷ XX, bao gồm bê tông polystyrene cách nhiệt - kết cấu và bê tông polystyrene kết cấu (BPK). Bê tông polystyrene cách nhiệt - kết cấu có khối lượng thể tích từ khoảng 500 kg/m<sup>3</sup> đến 900 kg/m<sup>3</sup> dùng cho các sản phẩm như viên xây, panel nhẹ không chịu lực. Bê tông polystyrene kết cấu có khối lượng thể tích từ 1.400 kg/m<sup>3</sup> đến 2.000 kg/m<sup>3</sup> thường ứng dụng để chế tạo các cấu kiện chịu lực. Tại Việt Nam, bê tông polystyrene mới được nghiên cứu sử dụng từ những năm đầu thế kỷ XXI. Các sản phẩm chủ yếu là viên xây nhẹ, tấm tường nhẹ không chịu lực, lớp cách nhiệt đỡ tại chỗ với khối lượng thể tích từ 600 kg/m<sup>3</sup> đến 800 kg/m<sup>3</sup> [1, 2]. Gần đây, bê tông polystyrene còn được sử dụng làm lớp lõi trong sản xuất tấm tường nhẹ nhiều lớp với lớp ngoài là tấm xi măng cốt sợi. Kết quả ứng dụng thực tế đã cho thấy bê tông polystyrene được đánh giá là vật liệu có nhiều triển vọng phát triển tại nước ta do có ưu thế so với bê tông tổ ong ở khả năng chống thấm, có ưu thế so với bê tông keramzit ở khả năng chủ động nguồn nguyên liệu. Mở rộng ứng dụng bê tông polystyrene trong xây dựng ở Việt Nam trong giai đoạn tới có thể đạt được nhờ phát triển hệ sản phẩm BPK với khối lượng thể tích đến 2.000 kg/m<sup>3</sup>, cường độ chịu nén trên 20 MPa, đáp ứng yêu cầu sử dụng trong các cấu kiện, kết cấu bê tông cốt thép chịu lực. Đây là hướng nghiên cứu được nhóm tác giả kế thừa và tập trung phát triển.

Cốt liệu EPS là sản phẩm thu được khi gia công nhiệt hạt polystyrene nguyên liệu. Hạt EPS có dạng hình cầu chuẩn có cấu trúc xốp bên trong và bề mặt hạt trơn nhẵn, không hút nước. Do đó, khác với các loại cốt liệu nhẹ khác như keramzit hay peclit, vốn là loại cốt liệu nhẹ có đặc điểm hút nước mạnh, sự có mặt của EPS trong bê tông không làm thay đổi lượng nước tự do, cũng như tỷ lệ nước trên xi măng của bê tông nền. Hạt EPS không tương tác về mặt hoá học với bê tông nền mà chỉ làm giảm

khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông. Tuy nhiên, sự có mặt của EPS với modun đàn hồi thấp cũng có ảnh hưởng nhất định đến các tính chất vật lý, cơ lý, biến dạng,... của bê tông nền. Có thể coi bê tông polystyrene là hệ vật liệu composit mà ở đó hạt EPS được phân bố đều trong vật liệu nền là bê tông nặng thông thường. Trong đó, hạt EPS được đưa vào nhằm biến tính vật liệu nền theo hướng làm giảm khối lượng thể tích và qua đó cũng làm thay đổi các tính chất khác của hỗn hợp bê tông và bê tông. Tính chất của bê tông polystyrene có thể được nghiên cứu trong mối quan hệ ảnh hưởng của tính chất hạt EPS, tính chất bê tông nền và tỷ lệ giữa hai thành phần trên.

Hỗn hợp bê tông là một hệ đa phân tán, theo các tính chất của mình, chiếm vị trí trung gian giữa chất lỏng dẻo và chất rắn. Tỷ lệ và tương tác giữa các pha (rắn, lỏng, khí) và các thành phần (xi măng, nước, cốt liệu, phụ gia) sẽ quyết định tính chất của hỗn hợp bê tông. Các tính chất của hỗn hợp bê tông như một thể thống nhất từ các vật liệu rời được hình thành nhờ tương tác giữa nước và các hạt mịn tạo nên sự dính kết giữa các thành phần. Trong đó, hồ xi măng đóng vai trò quan trọng nhất.

Hồ xi măng, bao gồm thể tích hồ và tính chất của hồ, có những ảnh hưởng lớn đến tính chất của hỗn hợp bê tông. Nghiên cứu [2] đã cho thấy hệ số điền đầy giảm làm giảm độ sụt hoặc tăng độ cứng của hỗn hợp bê tông. Vữa xi măng trong các hỗn hợp bê tông này chỉ đủ để hình thành một lớp vỏ mỏng bao quanh các hạt cốt liệu chứ không đủ để điền đầy lỗ rỗng giữa các hạt. Đó là do thể tích hồ trong bê tông polystyrene cách nhiệt nhỏ hơn thể tích hạt EPS, nên khi giảm thể tích hồ để giảm khối lượng thể tích bê tông polystyrene thì cấu trúc bê tông chuyển từ liên tục sang không liên tục. Chính việc hình thành cấu trúc không liên tục này trong bê tông nhẹ cách nhiệt đã làm giảm mạnh tính công tác. Do đó, nghiên cứu này đã sử dụng silicafume, tro bay làm phụ gia khoáng bổ sung vào thành phần bê tông polystyrene có khối lượng thể tích thấp làm tăng hệ số điền đầy của bê tông. Tuy nhiên, BPK với khối lượng thể tích từ 1.400 kg/m<sup>3</sup> đến 2.000 kg/m<sup>3</sup> đã có cấu trúc liên tục, nên yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến các tính chất của BPK chính là tính chất của hồ xi măng.

Tính chất của hồ chịu ảnh hưởng lớn bởi tỷ lệ chất kết dính trên nước. Việc sử dụng thêm phụ gia khoáng với độ mịn cao làm tăng lượng dùng nước của hỗn hợp bê tông khiến cho cường độ của bê tông polystyrene giảm. Chính vì vậy, phụ gia siêu dẻo cần được sử dụng trong thành phần bê tông nền để cải thiện tính công tác của bê tông polystyrene mà giữ nguyên lượng dùng nước. Điều này cũng làm thay đổi tính lưu biến của hỗn hợp bê tông, tăng khả năng phân tầng khi có chấn động. Chính vì vậy, nghiên cứu [2] không sử dụng đầm rung khi thí nghiệm độ phân tầng của hỗn hợp bê tông polystyrene.

Mặt khác, vì thực tế hỗn hợp bê tông không đồng nhất và kích thước của cốt liệu trong bê tông nền không cố định nên cần tính đến ảnh hưởng của độ phân tầng tới tính chất của bê tông. Khác với bê tông nặng thông thường, khi bị phân tầng, hạt EPS có xu hướng dịch chuyển lên trên, còn bê tông nền dịch chuyển xuống dưới. Điều này có thể thấy rõ khi xem xét chuyển động tương đối của các cấu tử trong hỗn hợp BPK theo phương trình Stocke:

$$v = 2 \cdot r^2 \cdot (\rho_{\text{nền}} - \rho_{\text{EPS}}) \cdot \frac{g}{9 \cdot \eta} \quad (1)$$

Trong đó:

$v$  - vận tốc chuyển dịch của hạt cốt liệu (m/s);

$r$  - bán kính của hạt cốt liệu (m);

$\rho_{\text{nền}}$  - khối lượng thể tích bê tông nền (kg/m<sup>3</sup>);

$\rho_{\text{EPS}}$  - khối lượng thể tích hạt EPS (kg/m<sup>3</sup>);

$g$  - gia tốc trọng trường (m/s<sup>2</sup>);

$\eta$  - độ nhớt động lực của hồ hoặc vữa xi măng (Ns/m<sup>2</sup>).

Trên cơ sở phân tích phương trình (1) có thể thấy rằng ba yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến vận tốc dịch chuyển của hạt EPS trong hỗn hợp bê tông nền đó là kích thước hạt EPS, khối lượng thể tích hạt EPS và độ nhớt hỗn hợp bê tông nền. Hỗn hợp bê tông polystyrene với sự chênh lệch lớn về khối lượng thể tích giữa các vật liệu thành phần bao gồm pha nền (với khối lượng thể tích khoảng từ 2.000 kg/m<sup>3</sup> đến 2.400 kg/m<sup>3</sup>) và hạt EPS (với khối lượng thể tích từ 15 kg/m<sup>3</sup> đến 30 kg/m<sup>3</sup>) nên khả năng phân tầng của hỗn hợp bê tông polystyrene cao hơn nhiều so với bê tông thường. Với một loại hạt EPS cụ thể, tức là đường kính hạt EPS và khối lượng thể tích hạt EPS không đổi, thì độ phân tầng

giảm khi tăng độ nhớt của hỗn hợp bê tông nền. Một trong các biện pháp tăng độ nhớt của hồ trong bê tông là sử dụng các phụ gia điều chỉnh độ nhớt.

Phụ gia điều chỉnh độ nhớt là các hợp chất hữu cơ có khả năng làm giảm lượng nước tự do trong dung dịch và vì vậy làm tăng độ nhớt của bê tông. Trong hỗn hợp hồ xi măng, các chuỗi phân tử này đan xen vào nhau đảm bảo sự ổn định của hỗn hợp. Khi vận tốc biến dạng trượt tăng lên, các chuỗi phân tử có khả năng duỗi ra theo hướng chảy, làm giảm độ nhớt của hồ xi măng [3]. Hiện tượng này đảm bảo sự ổn định của hỗn hợp bê tông ở trạng thái tĩnh và đảm bảo độ linh động cần thiết của hỗn hợp bê tông khi thi công. Các nghiên cứu đã cho thấy ảnh hưởng trực tiếp của độ nhớt đến tính công tác của hỗn hợp bê tông và cũng chỉ ra ảnh hưởng

nhất định của thành phần bê tông đến mối quan hệ trên.

Nghiên cứu tại Viện Chuyên ngành Bê tông - Viện KHCN Xây dựng, trình bày trong khuôn khổ bài báo này, đã làm rõ ảnh hưởng của một số yếu tố như hàm lượng phụ gia siêu dẻo, phụ gia điều chỉnh độ nhớt, kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu đến tính công tác và độ phân tầng của hỗn hợp bê tông. Kết quả nghiên cứu cho phép lựa chọn thành phần hỗn hợp bê tông đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật định trước.

## 2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

### 2.1 Vật liệu

Nghiên cứu đã sử dụng cốt liệu EPS thương phẩm có sẵn trên thị trường. Các tính chất của EPS được trình bày tại bảng 1.

**Bảng 1. Các tính chất của hạt EPS**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Kích thước hạt lớn nhất	mm	2,5
2	Kích thước hạt nhỏ nhất	mm	1,5
3	Khối lượng thể tích của hạt	kg/m <sup>3</sup>	19,7
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	11,1

Xi măng sử dụng là PCB40 Bút Sơn, có cường độ tuổi 28 ngày là 44,3 MPa, khối lượng riêng là 3,05 g/cm<sup>3</sup>, độ mịn là 3.410 cm<sup>2</sup>/g. Silicafume D920 có khối lượng riêng là 2,2 g/cm<sup>3</sup> chỉ số hoạt tính theo cường độ là 1,0. Để tăng tính công tác, đã sử dụng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate SP có khả năng giảm nước 25-30%, tỷ trọng 1,05 ± 0,02 g/ml. Để điều chỉnh độ nhớt của hỗn hợp bê tông đã sử dụng phụ gia dạng bột trên cơ sở hydroxy propyl

metyl xenlulo, ký hiệu MC, có độ pH 4-8, độ nhớt 35.000 - 47.000 mPa.s (dung dịch 2% ở 20°C).

Cốt liệu lớn sử dụng trong nghiên cứu là đá dăm gốc cacbonate, gồm hai loại D1 và D2, có kích thước hạt lớn nhất tương ứng là 10 mm và 20 mm. Cốt liệu nhỏ gồm có 3 loại ký hiệu là C1, C2, C3 có kích thước hạt lớn nhất tương ứng là 0,63 mm, 1,25 mm, 5 mm. Các tính chất của cốt liệu được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2. Tính chất của cốt liệu**

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	C1	C2	C3	D1	D2
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,66	2,65	2,65	2,85	2,85
2	Khối lượng thể tích bão hoà nước	g/cm <sup>3</sup>	2,64	2,64	2,64	2,84	2,84
3	Khối lượng thể tích khô	g/cm <sup>3</sup>	2,62	2,63	2,63	2,8	2,8
4	Độ hút nước	%	0,4	0,2	0,2	0,5	0,5
5	Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	1.449	1.445	1.445	1394	1408
6	Độ hồng	%	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50
7	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,7	0,5	0,5	-	-

## VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	C1	C2	C3	D1	D2
8	Thành phần hạt (sốt riêng)						
	20 mm		-	-	-	-	0
	10 mm		-	-	-	0	100
	5 mm		0	0	0	100	0
	2,5 mm	%	0	0	8,5	0	-
	1,25 mm		0	0	16,8	-	-
	0,63 mm		0	47,1	21,8	-	-
	0,315 mm		45,7	28,6	27,7	-	-
	0,14 mm		48,9	19,9	20,8	-	-
đáy sàng (<0,14)		5,4	4,4	4,4	-	-	

### 2.2 Phương pháp thí nghiệm

Tính chất của vật liệu sử dụng và hỗn hợp bê tông được xác định theo các phương pháp tiêu chuẩn quy định trong tiêu chuẩn quốc gia.

Riêng với hạt EPS, do có khối lượng thể tích nhỏ hơn nhiều so với khối lượng thể tích của cốt liệu thông thường, nên nghiên cứu này đã xác định khối lượng thể tích hạt EPS bằng tính toán, thông qua việc xác định khối lượng thể tích xốp và độ rỗng của cốt liệu, theo phương pháp đã áp dụng trong nghiên cứu [2]. Độ rỗng giữa các hạt được xác định bằng tỷ lệ thể tích nước thêm vào ống đong với các hạt EPS được đổ sẵn và giữ ở mức cố định.

Độ phân tầng của hỗn hợp BPK được xác định bằng tỷ lệ phần trăm chênh lệch khối lượng thể tích

hỗn hợp BPK của phần trên và phần dưới so với khối lượng thể tích của cả khối hỗn hợp bê tông của bình đong hình trụ thể tích 5 lit, không sử dụng đầm rung [2].

### 3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

#### 3.1 Tính công tác của BPK

Để nghiên cứu ảnh hưởng của bê tông nền và EPS đến tính chất của BPK đã sử dụng các cấp phối bê tông nền với tính chất và vật liệu khác nhau. BPK được chế tạo bằng cách thêm một lượng cốt liệu EPS nhất định vào bê tông nền. Lượng dùng vật liệu BPK được tính toán trên cơ sở khối lượng thể tích hỗn hợp bê tông và tính chất vật liệu đầu vào. Các cấp phối bê tông nền và tính chất của chúng được trình bày tại bảng 3.

**Bảng 3. Cấp phối bê tông nền sử dụng trong nghiên cứu**

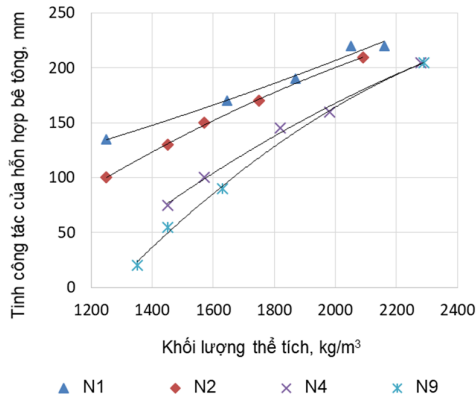
Ký hiệu	Loại cốt liệu		Lượng dùng vật liệu							KLTT, kg/m <sup>3</sup>	Độ sụt, mm
	Cốt liệu nhỏ	Cốt liệu lớn	X, kg/m <sup>3</sup>	N, lit/m <sup>3</sup>	Cát, kg/m <sup>3</sup>	Đá, kg/m <sup>3</sup>	SF, kg/m <sup>3</sup>	SP, % X	MC, % X		
N1	C1	-	793	309	970	-	79,3	1,00	0,15	2.160	220
N2	C2	-	768	299	938	-	76,8	1,00	0,15	2.090	210
N3	C2	-	754	293	921	-	75,4	0,74	0,15	2.050	180
N4	C3	D1	595	231	727	660	59,5	1,00	0,15	2.280	205
N5	C3	D1	587	228	718	652	58,7	0,76	0,15	2.250	180
N6	C3	D1	574	223	702	638	57,4	0,61	0,15	2.200	140
N7	C3	D1	587	228	717	652	58,7	1,00	0,20	2.250	180
N8	C3	D1	587	228	717	652	58,7	1,00	0,10	2.250	205
N9	C3	D2	597	232	730	663	59,7	1,00	0,15	2.290	205
N10	C3	D2	593	231	724	658	59,3	0,61	0,15	2.270	180
N11	C3	D2	587	228	718	652	58,8	0,55	0,15	2.250	140
N12	C1	-	779	303	953	-	77,9	0,74	0,15	2.120	180
N13	C1	-	776	302	949	-	77,6	0,60	0,15	2.110	140

**Ghi chú:** N đã bao gồm lượng nước có trong phụ gia siêu dẻo

Trước tiên, để nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng thể tích đến tính công tác của hỗn hợp BPK, đã sử dụng các cấp phối bê tông nền N1, N2, N4, N9. Các cấp phối nền này sử dụng 4 loại cốt liệu có

kích thước hạt khác nhau, có cùng lượng dùng phụ gia MC là 0,15% và có cùng tính công tác. BPK được chế tạo bằng cách thêm EPS để hỗn hợp BPK đạt giá trị khối lượng thể tích trong khoảng

định trước là 2.000 kg/m<sup>3</sup>, 1.800 kg/m<sup>3</sup>, 1.600 kg/m<sup>3</sup>, 1.400 kg/m<sup>3</sup>. Các kết quả xác định tính công tác của hỗn hợp BPK được trình bày trên hình 1 trong mối tương quan với khối lượng thể tích của hỗn hợp BPK.



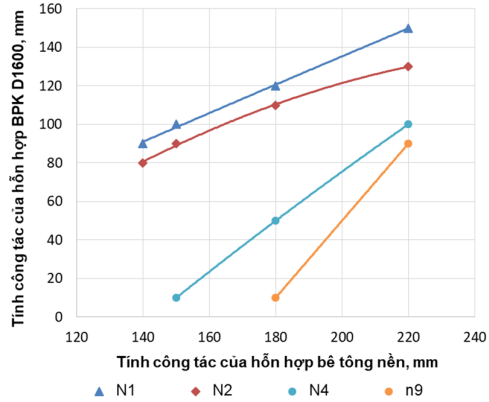
**Hình 1.** Ảnh hưởng của khối lượng thể tích đến tính công tác của hỗn hợp BPK

Kết quả thí nghiệm (hình 1) cho thấy tính công tác và khối lượng thể tích của bê tông polystyrene phụ thuộc chủ yếu vào lượng dùng hạt EPS. Khi tăng lượng dùng hạt EPS, khối lượng thể tích bê tông polystyrene giảm, đồng thời, tính công tác giảm. Mức giảm tính công tác của hỗn hợp BPK tăng khi tăng kích thước hạt lớn nhất của bê tông nền. Với cùng mức khối lượng thể tích là 1.400 kg/m<sup>3</sup>, tính công tác của hỗn hợp bê tông có cấp phối nền N1 vẫn ở mức 120 mm trong khi các hỗn hợp bê tông sử dụng cấp phối nền N4 và N9 chỉ đạt từ 20 đến 60 mm. Như vậy, với cùng khối lượng thể tích của BPK và cùng tính công tác của hỗn hợp bê tông nền thì tăng kích thước hạt lớn nhất của bê tông nền, làm giảm tính công tác của hỗn hợp BPK.

Để làm rõ ảnh hưởng của tính công tác và kích thước hạt lớn nhất của bê tông nền đến tính công tác của hỗn hợp BPK, thí nghiệm đã được thực hiện với các hỗn hợp BPK có khối lượng thể tích 1.600 kg/m<sup>3</sup> dựa trên cấp phối bê tông nền N1, N2, N4, N9 tại bảng 3. Tính công tác của bê tông nền được điều chỉnh thông qua việc thay đổi tỷ lệ sử dụng phụ gia siêu dẻo trên xi măng.

Kết quả thể hiện trên hình 2 cho thấy, với cấp phối nền sử dụng cốt liệu lớn D1 và D2, tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm nhanh chóng khi khối lượng thể tích bê tông giảm. Cụ thể, với cấp phối

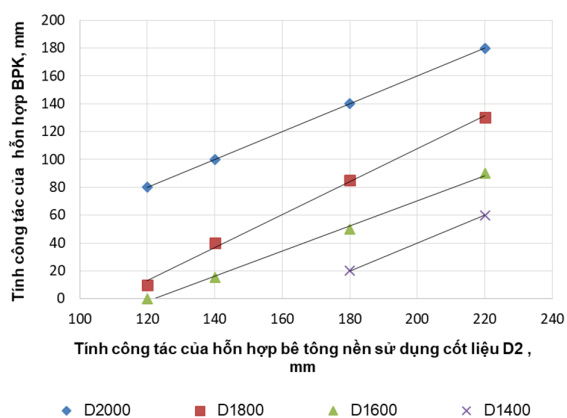
nền sử dụng cốt liệu D2 có tính công tác là 180 mm thì tính công tác của hỗn hợp BPK là 10 mm tại D1600, trong khi đó, giá trị tương ứng khi cấp phối nền sử dụng cốt liệu D1 là 50 mm, cốt liệu C1 là 140 mm. Như vậy, kích thước hạt trong bê tông nền càng nhỏ thì mức độ giảm tính công tác càng ít.



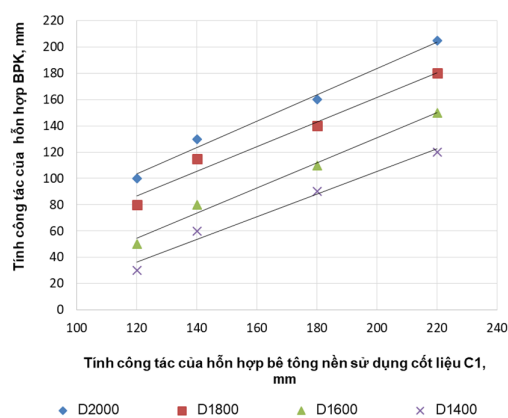
**Hình 2.** Ảnh hưởng của tính công tác bê tông nền đến tính công tác của BPK

Đó là do, khi bổ sung thêm hạt EPS và hỗn hợp bê tông nền đã làm giảm lượng hồ trong hỗn hợp BPK. Hồ chất kết dính bao bọc xung quanh hạt cốt liệu, lấp đầy các lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu, đồng thời có vai trò làm lớp đệm tạo độ dẻo cho hỗn hợp bê tông. Khi sử dụng cốt liệu EPS để làm giảm khối lượng thể tích của bê tông thì thể tích hồ xi măng trong BPK nhỏ hơn trong bê tông nền. Càng giảm khối lượng thể tích BPK, thể tích hồ xi măng càng giảm, làm giảm tính công tác của hỗn hợp.

Để xem xét ảnh hưởng của tính công tác bê tông nền đến tính công tác của BPK, nghiên cứu đã dùng các cấp phối nền N9, N10, N11 (bảng 3) sử dụng cốt liệu C3 và D2 kích thước hạt lớn nhất là 20mm, cấp phối nền N1, N12, N13 (bảng 3) sử dụng cốt liệu C1 có kích thước hạt lớn nhất là 0,63 mm. Hỗn hợp BPK, sau khi bổ sung lượng hạt EPS định trước, được xác định tính công tác và khối lượng thể tích. Dựa trên các số liệu này, nghiên cứu đã xác định phương trình hồi quy thể hiện tương quan giữa tính công tác của hỗn hợp BPK và tính công tác của bê tông nền. Đồ thị hình 3, hình 4 được xây dựng với khối lượng thể tích BPK ở các mức 2.000 kg/m<sup>3</sup> (D2000), 1.800 kg/m<sup>3</sup> (D1800), 1.600 kg/m<sup>3</sup> (D1600), 1.400 kg/m<sup>3</sup> (D1400).



**Hình 3. Ảnh hưởng của tính công tác hỗn hợp bê tông nền sử dụng cốt liệu D2**



**Hình 4. Ảnh hưởng của tính công tác hỗn hợp bê tông nền sử dụng cốt liệu C1**

Hình 3, hình 4 cho thấy quan hệ tuyến tính giữa tính công tác của hỗn hợp BPK và tính công tác của hỗn hợp bê tông nền. Khi tính công tác bê tông nền giảm 40 mm thì tính công tác của hỗn hợp BPK cũng giảm khoảng 40 mm. Điều này thể hiện tính công tác của hỗn hợp BPK không chỉ phụ thuộc lượng dùng cốt liệu nhẹ mà còn phụ thuộc tính chất ban đầu của bê tông nền. Các cấp phối đã sử dụng trong phần nghiên cứu này có lượng dùng nước, bao gồm lượng nước có trong phụ gia siêu dẻo, không đổi. Do đó, với cùng mức khối lượng thể tích thì có thể coi thành phần cốt liệu của BPK là như nhau, lớp đệm tạo bởi hồ chất kết dính như nhau. Tính công tác khác nhau giữa các cấp phối BPK có cùng khối lượng thể tích hoàn toàn chịu ảnh hưởng bởi độ linh động của hồ chất kết dính trong pha nền.

Kết quả cũng cho thấy sự khác biệt lớn về mức độ suy giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông BPK khi sử dụng bê tông nền có kích thước hạt lớn nhất khác nhau. Với hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu C1 có kích thước hạt lớn nhất là 0,63 mm, tính công tác của hỗn hợp BPK giảm khoảng 20 đến 30 mm khi khối lượng thể tích BPK giảm 200 kg/m<sup>3</sup>. Trong khi đó, hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu D2 có xu hướng giảm tính công tác nhanh hơn, tính công tác của hỗn hợp BPK giảm khoảng 40 mm khi khối lượng thể tích giảm 200 kg/m<sup>3</sup> (hình 1). Như vậy, với cùng tính công tác của hỗn hợp bê tông nền, với cùng khối lượng thể tích của BPK, khi tăng kích thước hạt cốt liệu trong bê tông nền thì tính công tác của BPK giảm và mức độ giảm tính công tác tăng.

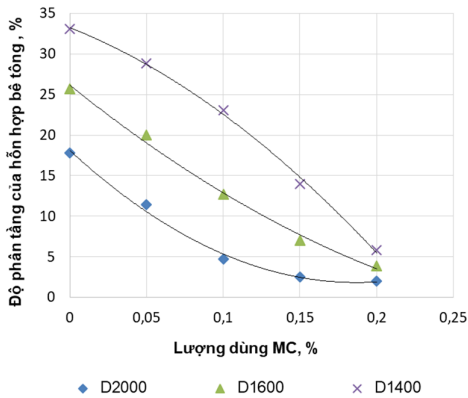
### 3.2 Độ phân tầng của BPK

Trong thực tế, hỗn hợp bê tông là một hệ không đồng nhất bao gồm các thành phần có khối lượng

thể tích khác nhau. Hiện tượng phân tầng khiến cho cốt liệu có khối lượng thể tích lớn có xu hướng dịch chuyển xuống dưới và hồ chất kết dính có xu hướng dịch chuyển lên trên. Vì vậy, hiện tượng phân tầng trong bê tông cần được hạn chế để đảm bảo đồng nhất các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông.

Hiện nay, tiêu chuẩn quốc gia chưa có quy định về độ phân tầng đối với bê tông nhẹ kết cấu. Đối với bê tông trộn sẵn, TCVN 9340:2012 quy định mức độ phân tầng của hỗn hợp bê tông được đánh giá thông qua độ tách nước và độ tách vữa. Theo đó, độ tách vữa không vượt quá 3% với hỗn hợp bê tông có tính công tác ở cấp D1, D2; không vượt quá 4% với hỗn hợp bê tông có tính công tác ở cấp D3, D4. Tiêu chuẩn GOST P 51263-2012 quy định đối với hỗn hợp BPK cách nhiệt thì độ phân tầng không quá 25 %.

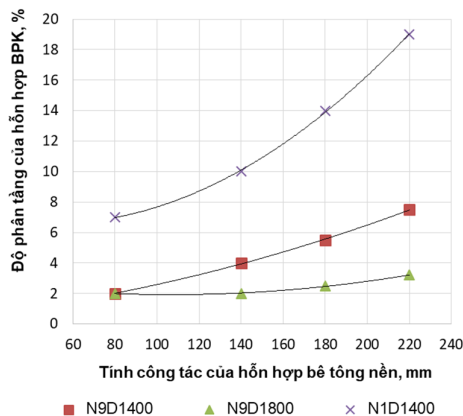
Nghiên cứu độ phân tầng của hỗn hợp BPK có khối lượng thể tích ở các mức 1.400 kg/m<sup>3</sup>, 1.600 kg/m<sup>3</sup>, 2.000 kg/m<sup>3</sup> được thực hiện trên các cấp phối nền N9 sử dụng cốt liệu lớn D2 trình bày tại bảng 3, không sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt. Kết quả cho thấy, với tính công tác của cấp phối nền là 220 mm, độ phân tầng của hỗn hợp BPK khối lượng thể tích D2000 là 17%, tại D1600 là 27 %, tại D1400 là 34 %. Như vậy, với cấp phối nền không sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt thì độ phân tầng khá cao và có xu hướng tăng khi khối lượng thể tích BPK giảm. Độ phân tầng của hỗn hợp BPK vượt mức 25% khi khối lượng thể tích hỗn hợp BPK nhỏ hơn 1.600 kg/m<sup>3</sup>. Phân tầng làm hỗn hợp không đồng nhất nên cần có các biện pháp để đảm bảo giảm độ phân tầng của hỗn hợp BPK.



**Hình 5.** Ảnh hưởng của lượng dùng MC đến độ phân tầng của hỗn hợp BPK

Để xem xét ảnh hưởng của việc sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt đến độ phân tầng của hỗn hợp BPK, nghiên cứu đã sử dụng cấp phối nền N9 (bảng 3) với lượng dùng phụ gia MC ở các mức 0,05%, 0,1%, 0,15%, 0,2%. Hình 5 cho thấy việc sử dụng phụ gia MC có ảnh hưởng lớn đến độ phân tầng của hỗn hợp BPK và ảnh hưởng này càng thể hiện rõ với các hỗn hợp có khối lượng thể tích thấp. Khi tăng lượng dùng phụ gia MC thì chênh lệch độ phân tầng của BPK ở các khối lượng thể tích khác nhau giảm xuống. Với lượng dùng phụ gia MC là 0,15%, khối lượng thể tích của BPK đảm bảo không vượt quá 25%.

Nguyên nhân là do phụ gia MC là một hợp chất hữu cơ có khả năng làm giảm lượng nước tự do trong hỗn hợp khiến độ nhớt của hồ chất kết dính tăng. Khi tăng lượng sử dụng MC thì độ nhớt của hồ chất kết dính tăng, hạn chế sự dịch chuyển của các thành phần trong hỗn hợp BPK.



**Hình 6.** Ảnh hưởng của tính công tác hỗn hợp bê tông nền đến độ phân tầng của hỗn hợp BPK

Để nghiên cứu ảnh hưởng của tính công tác bê tông nền đến tính công tác của hỗn hợp BPK, nghiên cứu đã sử dụng các cấp phối nền N1 và N9 (bảng 3). Lượng dùng phụ gia MC cố định là 0,15%, lượng dùng phụ gia siêu dẻo được điều chỉnh sao cho cấp phối nền đạt được tính công tác 80 mm, 140 mm, 180 mm, 220 mm. Kết quả thể hiện trên hình 6 cho thấy độ phân tầng của hỗn hợp BPK tăng khi tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông nền.

Điều này là do phụ gia siêu dẻo SP có gốc polycarboxylate, có kích thước phân tử lớn, khi hoà tan trong nước đã thúc đẩy sự phân tán của xi măng trong hồ chất kết dính, giải phóng lượng nước tự do, làm tăng độ linh động của hồ. Khi tăng lượng sử dụng phụ gia siêu dẻo (với tổng lượng dùng nước và phụ gia không đổi), mặc dù tỷ lệ giữa các pha trong BPK là không đổi nhưng tính chất của hồ chất kết dính đã thay đổi theo hướng giảm độ nhớt của hồ.

Kết quả trên cũng cho thấy độ phân tầng của hỗn hợp bê tông phụ thuộc kích thước cốt liệu trong bê tông nền. Hỗn hợp bê tông nền có đường kính cốt liệu càng nhỏ thì khả năng phân tầng của hỗn hợp càng cao. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng tính công tác của hỗn hợp bê tông nền đến tính công tác của hỗn hợp BPK.

Như vậy, để giảm độ phân tầng của hỗn hợp BPK thì cần giảm tính công tác của cấp phối nền hoặc sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt.

**4. Kết luận**

Các kết quả nghiên cứu trình bày ở trên cho phép rút ra một số kết luận sau:

Với bê tông polystyrene kết cấu, được chế tạo bằng cách bổ sung lượng hạt polystyrene vào bê tông nền, khối lượng thể tích của bê tông polystyrene có ảnh hưởng lớn đến tính công tác và độ phân tầng. Theo đó, tính công tác giảm và độ phân tầng tăng khi giảm khối lượng thể tích bê tông polystyrene. Tính công tác của hỗn hợp bê tông nền giảm 40 mm thì khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông polystyrene tương ứng cũng giảm khoảng 40 mm.

Mức thay đổi tính công tác của hỗn hợp bê tông polystyrene phụ thuộc kích thước hạt lớn nhất trong bê tông nền. Theo đó, kích thước hạt lớn nhất của bê tông nền càng nhỏ thì mức giảm tính công tác càng thấp khi giảm khối lượng thể tích bê tông polystyrene.

Ở cùng khối lượng thể tích, độ phân tầng tăng khi tính công tác của hỗn hợp bê tông nền tăng. Việc sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt là cần thiết nhằm giảm độ phân tầng của hỗn hợp bê tông polystyrene có khối lượng thể tích thấp. Các kết quả nghiên cứu cho thấy mức sử dụng hợp lý của phụ gia điều chỉnh độ nhớt là 0,15% so với lượng dùng xi măng.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. Nguyễn Văn Đoàn, Lê Văn Quang, "Nghiên cứu các giải pháp vật liệu, chế tạo và thi công tường panel thay thế xây gạch trong công trình", *Báo cáo tổng kết*

*đề tài NCKH Mã số RD 115 – 13, Viện Vật liệu Xây dựng, Hà Nội.*

2. Hoàng Minh Đức (2017), Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt kết cấu sử dụng hạt polystyrol phòng nờ, *Tạp chí KHCN Xây dựng số 4.*
3. K.H. Khayat (1998), Viscosity-enhancing admixtures for cement-based materials - An overview, *Cement and Concrete Composites*, 20, 171 – 188.
4. Ganesh Babu K, Saradhi Babu D, Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume. *Cement and Concrete Research; Volume 33, Issue 5,, Pages 755-762.*
5. Chen B, Liu J, Mechanical properties of polymer-modified concretes containing expanded polystyrene beads, *Construction and Building Materials; Volume 21, Issue 1, Pages 7-11.*

**Ngày nhận bài: 04/5/2018.**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 22/6/2018.**