

# Nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay Phả Lại đến cường độ chịu nén của bê tông bọt

■ TS. THÁI KHẮC CHIẾN - Trường Đại học Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của tro bay Phả Lại đến cường độ chịu nén của bê tông bọt. Tro bay được tính toán để thay thế hàm lượng xi măng hoặc thay thế lượng cát trong bê tông. Tỷ lệ N/CKD được chọn bằng 0,43 và khối lượng thể tích của bê tông lần lượt là 600, 800, 1000 kg/m<sup>3</sup>. Kết quả cho thấy rằng, tro bay ảnh hưởng nhiều đến cường độ của mẫu bê tông có khối lượng thể tích nhỏ và ảnh hưởng ít hơn với mẫu bê tông có khối lượng thể tích lớn. Tro bay thay thế cốt liệu nhỏ sẽ làm tăng cường độ nén cho bê tông có khối lượng thể tích 800 và 1.000 kg/m<sup>3</sup>. Cùng một hàm lượng tro bay nhưng mức độ ảnh hưởng đến cường độ của bê tông bọt là khác nhau.

**TỪ KHÓA:** Bê tông bọt, tro bay, cường độ nén.

**ABSTRACT:** The paper presents the results of experimental research on the effect of Pha Lai fly ash on compressive strength of foam concrete. Fly ash is calculated to replace the content of cement or replace the amount of sand in concrete. The ratio of W/B was selected by 0,43 and the density of concrete are 600, 800, 1000 kg/m<sup>3</sup>. The results showed that the fly ash replacing cement greatly affected the strength of concrete with lower density and less impact on the higher density. Fly ash replacing fine aggregates will increase compressive strength for concrete with a density of 800 and 1.000 kg/m<sup>3</sup>. With the same contents of fly ash, the effect on the compressive strength of the foam concrete are different.

**KEYWORDS:** Foam concrete, fly ash, compressive strength.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông bọt là loại bê tông nhẹ được tạo thành nhờ sử dụng bọt kỹ thuật tạo ra vô số các lỗ rỗng nhỏ phân bố đều trong bê tông. Nó có khối lượng thể tích thông thường từ 400 - 1.600 kg/m<sup>3</sup> và được sử dụng rộng rãi cả trong lĩnh vực xây dựng dân dụng và xây dựng công trình giao thông. Sử dụng các hóa chất tạo ra bọt khí đặc biệt rồi phân tán chúng vào vữa xi măng có tác dụng làm giảm khối lượng thể tích của bê tông bọt. Ưu điểm của

bê tông bọt là khối lượng nhẹ nên giảm trọng lượng bản thân, tốc độ thi công nhanh giúp giảm chi phí công trình. Nó còn được dùng để lấp các hào rỗng, cho phép thi công san lấp nhanh, không phải lu lèn và đặc biệt là dùng để thay thế đất đắp ở vùng đất yếu hoặc đất đắp sau móng cầu. Ngoài ra, vì bê tông dạng vữa lỏng nên nó dễ dàng chảy đến mọi vị trí khó nhất, khe nhỏ nhất để lấp đầy, đặc biệt hữu hiệu trong sửa chữa công trình, thi công các hạng mục như vát chắn chống chảy trong ống kỹ thuật nhà cao tầng, lấp các đường ống cống, hầm ngầm... Các nghiên cứu gần đây trên thế giới có xu hướng nghiên cứu cải thiện về khả năng chịu lực và giảm co ngót cho bê tông bọt [1,2]. Việc trộn lẫn thêm các phế thải như tro bay, xỉ nhằm giảm thiểu chất thải và ô nhiễm môi trường cũng được nhiều người quan tâm. Hàm lượng tro bay được nghiên cứu với tỷ lệ rất lớn so với xi măng, thậm chí tro bay thay thế đến 75% khối lượng xi măng [3,4]. Để chế tạo bê tông bọt thì người ta thường phân tán bọt kỹ thuật vào vữa xi măng, do đó thể tích phần vữa xi măng khá lớn. Trong trường hợp với bê tông có khối lượng thể tích nhỏ thì vữa xi măng chủ yếu chỉ có hai thành phần là xi măng và cát (hỗ xi măng), còn trong trường hợp bê tông có khối lượng thể tích lớn thì có thể bổ sung thêm cốt liệu nhỏ, cốt liệu mịn hoặc chất độn.

Nghiên cứu thực nghiệm này nhằm làm rõ ảnh hưởng của tro bay Phả Lại đến cường độ chịu nén của bê tông bọt khi thay thế xi măng hoặc thay thế cốt liệu nhỏ trong bê tông. Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm Vật liệu xây dựng, Trường Đại học GTVT.

## 2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu

#### 2.1.1. Xi măng

Tác giả sử dụng xi măng poóc-lăng Bút Sơn PC40, có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn Tiêu chuẩn TCVN 2682:2009. Cường độ nén của các loại xi măng này được xác định theo Tiêu chuẩn của TCVN 6016:2011. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của các loại xi măng trên được đưa ra trong Bảng 2.1, 2.2, 2.3.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của xi măng Bút Sơn PC40

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO tự do
21,65	5,25	3,42	65,0	0,06	1,80	0,25	0,72	0,125

Bảng 2.2. Thành phần khoáng vật của xi măng Bút Sơn PC40

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>4</sub> A	C <sub>4</sub> AF
51,74	24,20	8,16	10,35

**Bảng 2.3. Các tính chất cơ lý của xi măng Bút Sơn PC40**

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Tiêu chuẩn	Kết quả thử nghiệm
1	Độ bền nén - 3 ngày - 7 ngày - 28 ngày	MPa	TCVN 6016. 2011	28,0
				38,5
				44,2
2	Thời gian đông kết - Bắt đầu - Kết thúc	Phút	TCVN 6017- 2015	105
				160
3	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	TCVN 4030, 2003	3,1
4	Lượng nước tiêu chuẩn	%	TCVN 6017, 2015	30,0

**2.1.2. Cốt liệu nhỏ**

Cốt liệu nhỏ là cát vàng sông Lô được sàng qua sàng 1,25mm. Cát có khối lượng riêng bằng 2,56 g/cm<sup>3</sup>, mô-đun độ lớn bằng 1,68, độ hút nước là 0,8%. Lượng lọt sàng thể hiện qua **Bảng 2.4.**

**Bảng 2.4. Lượng lọt sàng của cát**

Kích thước mắt sàng, mm	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy, (%)	0	0	0	14,3	55,6	98,2
Lượng lọt sàng (%)	100	100	100	85,7	44,4	1,8

**2.1.3. Phụ gia tạo bọt**

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng chất tạo bọt là phụ gia FA - P12 được sản xuất tại Viện Vật liệu xây dựng. FA - P12 là phụ gia tạo bọt trên cơ sở hỗn hợp hóa chất tổng hợp, có chứa thêm thành phần protein hữu cơ. FA-P12 chuyên dùng để chế tạo hỗn hợp bê tông nhẹ, gạch block, tấm panel, vật liệu nhẹ xốp có khả năng cách nhiệt, chữa cháy. Phụ gia tạo bọt FA - P12 có tính ổn định cao. Dung dịch sau khi qua máy phun sẽ tạo bọt nhỏ, chắc, màu trắng, với thể tích bọt tăng gấp 25 - 30 lần so với thể tích dung dịch.

**2.1.4. Tro bay Phả Lai**

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu là tro bay Phả Lai thuộc loại F. Thành phần hóa học của tro bay chủ yếu là hỗn hợp các ô-xit vô cơ như SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, ngoài ra có thể chứa một lượng than chưa cháy. Hàm lượng các ô-xit và tạp chất thỏa mãn Tiêu chuẩn ASTM C618.

**2.1.5. Nước**

Nước được sử dụng trong nghiên cứu thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đối với nước trộn trong bê tông được quy định trong TCVN 4506:2012. Trong đề tài sử dụng nước máy sinh hoạt.

**Bảng 2.5. Thành phần bê tông thí nghiệm**

Ký hiệu	Loại bê tông	N/CKD	X	C/X	TB
M1	D600-1-0-0	0,43	100%	0%	0%
M2	D800-1-0-0	0,43	100%	0%	0%
M3	D800-1-0-3-0	0,43	100%	30%	0%
M4	D800-1-0-0-3	0,43	100%	0%	30%
M5	D600-0-8-0-2	0,43	80%	0%	20%
M6	D800-0-8-0-2	0,43	80%	0%	20%
M7	D1000-1-0-9-0	0,43	100%	90%	0%
M8	D1000-0-8-0-9-0-2	0,43	80%	90%	20%
M9	D1000-1-0-8-0-1	0,43	100%	80%	10%
M10	D1000-1-0-7-0-2	0,43	100%	70%	20%
M11	D1000-1-0-6-0-3	0,43	100%	60%	30%

**2.1.6. Hỗn hợp thí nghiệm**

Thành phần bê tông được xác định dựa trên nguyên tắc thể tích tuyệt đối: "tổng thể tích đặc của hỗn hợp vật liệu cộng với thể tích lỗ rỗng bằng 01m<sup>3</sup>" và tổng khối lượng vật liệu bằng khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông. Ba loại hỗn hợp bê tông nghiên cứu có khối lượng thể tích lần lượt là 600, 800, 1.000 kg/m<sup>3</sup> được ký hiệu là D600, D800, D1000. Tỷ lệ N/CKD được lấy bằng 0,43. Để xác định ảnh hưởng của tro bay đến cường độ chịu nén của bê tông bọt với mục tiêu là thay thế hàm lượng xi măng hoặc thay thế hàm lượng cát. Thành phần các mẫu bê tông được biểu diễn theo phần trăm của xi măng hoặc phần trăm của cát (C), phần trăm tro bay (TB) được thể ứng với phần trăm xi măng và được trình bày trong **Bảng 2.5.**

**2.2. Phương pháp thí nghiệm**

Bê tông bọt được chế tạo tại Phòng Thí nghiệm Vật liệu xây dựng, Trường Đại học GTVT. Đầu tiên, trộn hỗn hợp xi măng với nước phụ hợp để tạo thành vữa xi măng có độ dẻo thích hợp rồi dùng máy tạo bọt tạo ra bọt kỹ thuật. Tiếp đó, đổ bọt kỹ thuật có thể tích theo tính toán vào thùng trộn rồi tiến hành trộn bọt với vữa xi măng. Tỷ lệ phụ gia tạo bọt FA-P12 với nước được lựa chọn với liều lượng Phụ gia/Nước = 1/30. Mẫu sau khi chế tạo được tháo khuôn sau 24 giờ, đem cân rồi tính toán khối lượng thể tích. Sau đó, đem mẫu bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn (t = 27±2°C, W = 100%). Sau 28 ngày, mẫu được đem cân để xác định khối lượng thể tích cả ở trạng thái ướt và trạng thái được sấy khô. Cường độ nén được xác định sau khi sấy mẫu ở 70±5°C [5].

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN****3.1. Tính công tác của vữa xi măng**

Hỗn hợp hồ xi măng được lựa chọn với tỷ lệ N/X = 0,43 đạt đường kính chảy với ống Suttard 16±01cm. Với hỗn hợp vữa có thêm cốt liệu nhỏ (cát) thì bổ sung thêm lượng nước bằng khoảng 5% khối lượng cát khô để giữ nguyên độ chảy so với hồ xi măng. Lượng nước thêm vào phụ thuộc vào độ ẩm thực tế của cát và được điều chỉnh cho phù hợp với thực tế.

**3.2. Cường độ**

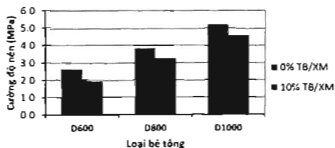
Thành phần bê tông, khối lượng thể tích khô và cường độ nén (7 và 28 ngày tuổi) được thể hiện trong **Bảng 3.1.** Ký hiệu X, N, C, TB lần lượt là khối lượng của xi măng, nước, cát và tro bay trong 01m<sup>3</sup> bê tông. Các loại bê tông được chia thành hai nhóm như sau: Nhóm 1 gồm các loại M1, M2, M7 có khối lượng thể tích lần lượt là 600, 800, 1.000 kg/m<sup>3</sup> và các loại M5, M6, M8 tương ứng thay thế 20% xi măng bằng tro bay; nhóm 2 gồm các loại M3, M7, có khối lượng thể tích lần lượt là 800, 1.000 kg/m<sup>3</sup> và các loại M9, M10, M11 (M4) thay thế 10%, 20%, 30% cát bằng tro bay.

**Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm xác định khối lượng thể tích và cường độ nén**

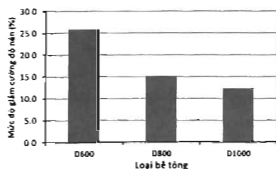
STT	Loại bê tông	X (kg)	N (kg)	C (kg)	TB (kg)	V bọt (m <sup>3</sup> )	Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> )	Cường độ nén (MPa)	
								7 ngày	28 ngày
1	M1	500	215	0	0	624	628	1,93	2,62

STT	Loại bê tông	X (kg)	N (kg)	C (kg)	TB (kg)	V bọt (m <sup>3</sup> )	Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> )		Cường độ nén (MPa)	
							7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày
2	M2	666	286	0	0	499	814	2,76	3,83	
3	M3	533	229	160	0	535	834	2,76	3,01	
4	M4	533	298	0	160	463	806	2,68	3,65	
5	M5	400	215	0	100	614	606	1,45	1,94	
6	M6	533	286	0	133	486	803	2,47	3,25	
7	M7	476	205	428	0	470	1033	3,86	5,20	
8	M8	381	205	428	95	461	998	3,47	4,56	
9	M9	476	225	381	48	449	1021	4,20	5,68	
10	M10	476	246	333	95	428	1009	4,31	5,89	
11	M11	476	266	286	143	407	987	4,39	6,06	

Hình 3.1 mô tả mối tương quan giữa cường độ chịu nén của bê tông bọt D600, D800, D1000 khi thay thế 20% xi măng bằng tro bay. Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng, khi thay thế xi măng bằng tro bay thì cường độ bê tông bọt giảm. Mức độ giảm lần lượt của ba loại bê tông D600, D800, D1000 lần lượt là 25,9%, 15,1%, 12,31% (Hình 3.2). Có thể thấy rằng, mẫu D600 có mức độ giảm cường độ lớn nhất và mức độ giảm có xu hướng thấp hơn khi khối lượng thể tích của bê tông tăng. Khi khối lượng thể tích của bê tông nhỏ thì thay thế một phần xi măng bởi tro bay sẽ dẫn tới suy giảm mạnh cường độ vì xi măng có hoạt tính cao hơn tro bay, ngoài ra với mẫu bê tông không có cốt liệu lớn (M1&M5) thì xi măng vừa đóng vai trò là chất kết dính vừa đóng vai trò là bộ khung xương, khi bộ khung suy yếu sẽ làm giảm mạnh cường độ. Khi bê tông có khối lượng thể tích tăng thì cùng mức độ thay thế xi măng, mức độ suy giảm cường độ sẽ ít hơn, đặc biệt là với mẫu có sử dụng cốt liệu nhỏ (M2&M6, M7&M8).

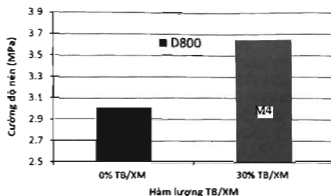


Hình 3.1: Cường độ chịu nén của bê tông bọt khi thay thế 20% xi măng bằng tro bay Phú Lại của 3 loại bê tông D600, D800, D1000



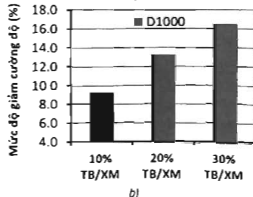
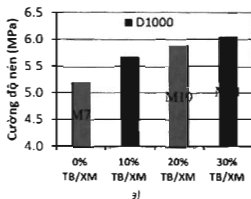
Hình 3.2: Mức độ giảm cường độ nén của 3 loại bê tông khi thay thế 20% xi măng bằng tro bay Phú Lại

Hình 3.3 mô tả cường độ chịu nén của mẫu có tỷ lệ tro bay/xi măng là 0% và 30% khi thay thế hàm lượng cát bởi tro bay của mẫu D800 (M3 và M4). Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ nén của mẫu sau khi thay thế tăng 21,26%. Điều này hoàn toàn hợp lý vì tro bay có hoạt tính và có khả năng phản ứng thủy hóa, còn cát chỉ là vật liệu trơ.



Hình 3.3: Tương quan giữa cường độ nén của bê tông bọt D800 khi thay thế 30% cát bằng tro bay Phú Lại

Để tìm hiểu rõ hơn ảnh hưởng của tro bay khi thay thế một phần cát trong bê tông thì các mẫu M7, M9, M10, M11 được lựa chọn với tỷ lệ cát/xi măng là 90%, 80%, 70%, 60% và tăng dần hàm lượng tro bay với tỷ lệ tro bay/xi măng là 0%, 10%, 20%, 30%. Với các mẫu này, ta giữ nguyên lượng xi măng và thay đổi giữa hàm lượng cát và tro bay, đồng thời vẫn giữ nguyên tỷ lệ N/CKD. Kết quả thí nghiệm cường độ nén của các mẫu được thể hiện trên Hình 3.4a. Hiện tượng cải thiện cường độ nén cũng được tìm thấy tương tự như đối với mẫu M3 và M4 khi thay thế một phần cát bởi tro bay.



Hình 3.4: Ảnh hưởng của tro bay Phú Lại đến cường độ chịu nén của bê tông bọt khi thay thế 20%, 30%, 40% cát

Kết quả thí nghiệm được phân tích trên Hình 3.4b cho thấy cường độ bê tông tăng 9,23%, 13,27% và 16,54% tương ứng với hàm lượng tro bay/xi măng lần lượt là 10%, 20% và 30%. Mức độ tăng tỷ lệ thuận với tỷ lệ tro bay thay thế cát, tuy nhiên ở cùng tỷ lệ TB/XM = 30% thì mức độ cải thiện cường độ cao hơn của mẫu D800 so với mẫu D1000 (21,26% so với 16,54%).

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mức độ ảnh hưởng khác nhau của tro bay Phà Lại khi thay thế xi măng hoặc thay thế cát trên ba loại bê tông bọt D600, D800, D1000. Cường độ của bê tông sẽ suy giảm khi thay thế xi măng và tăng khi thay thế cát. Tuy nhiên, mức độ suy giảm tùy thuộc vào hàm lượng xi măng và hàm lượng cát có trong hỗn hợp. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy cùng một hàm lượng thay thế nhưng mức độ ảnh hưởng rất khác biệt với bê tông có khối lượng thể tích khác nhau. Các mẫu bê tông bọt có khối lượng thể tích nhỏ có xu hướng bị ảnh hưởng lớn hơn mẫu có khối lượng thể tích cao.

Kết quả nghiên cứu dùng để dự đoán cường độ của bê tông bọt khi sử dụng tro bay nhiệt điện trong công tác chế tạo bê tông bọt. Với những ưu điểm của bê tông bọt, tác giả hi vọng bê tông bọt sử dụng tro bay sẽ được sử dụng nhiều trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông nói riêng và lĩnh vực xây dựng nói chung tại Việt Nam.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Ali J. Hamad (December 2014), *Materials, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*, International Journal of Materials Science and Engineering, vol.2, no.2.
- [2]. Vikram Kaintura (2017), *A review on foamed concrete*, International journal of research in technology and management.
- [3]. Gellim, K.A.M. (2011), *Mechanical and physical properties of fly ash foamed concrete*, Master thesis, Faculty of Civil and Environmental Engineering, University Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM).
- [4]. E.P.Kearsleya, P.J. Wainwrightb, *The effect of high fly ash content on the compressive strength of foamed concrete*, Cement and Concrete Research 31 (2001) 105-112
- [5]. TCVN 9030:2017 (2017), *Bê tông nhẹ - Phương pháp thử*.

Ngày nhận bài: 10/01/2020

Ngày chấp nhận đăng: 03/02/2020

Người phản biện: PGS. TS. Trần Thế Truyền

TS. Lê Vĩnh An