

**NGHIÊN CỨU TÍNH NĂNG CƠ HỌC CỦA BÊ TÔNG CÁT KHI SỬ DỤNG TRO BAY THAY THẾ MỘT PHẦN XI MĂNG ĐÓNG VAI TRÒ CHẤT KẾT DÍNH**

STUDY ON MACHANICAL PERFORMANCE OF SAND CONCRETE WHEN USING FLY ASH REPLACING A PART OF CEMENT AS BINDER

ThS. Nguyễn Tân Khoa

Trường Đại Học Đông Á

**TÓM TẮT**

Cát đun mịn và tro bay (TB) nhà máy nhiệt điện là những loại vật liệu có nhiều tiềm năng để sử dụng trong chế tạo bê tông cát. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay đến cường độ chịu nén, cường độ ép chè của bê tông cát khi tỷ lệ tro bay thay thế 20, 30, 40, 50% chất kết dính (CKD). Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng tỷ lệ TB, tính công tác của bê tông cát được cải thiện tuy nhiên cường độ chịu nén của bê tông ở 7, 14, 28 ngày càng giảm còn cường độ ép chè xấp xỉ với bê tông đối chứng (ĐC) ở 28 ngày tuổi. Tỷ số cường độ nén và cường độ ép chè của bê tông cát sử dụng TB lớn hơn so với bê tông thông thường.

*Từ khóa:* bê tông cát, tro bay, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo

**ABSTRACT**

The dune sands and the fly ash are materials that can be used in fine-grained concrete production that provide many practical benefits. This paper presents the results of the research of fly ash effect on compressive strength, splitting tensile strength and chloride diffusion of fine-grained concrete when the ratio of fly ash was replaced 20, 30, 40, 50 % of binder. The results show that when increasing fly ash ratio, the workability of fine-grained concrete is improved but the compressive strength of concrete at 7, 14, 28 decreases with respect to ordinary concrete and the splitting tensile strength higher than ordinary concrete. The ratio of compressive strength and splitting tensile strength of fly ash fine-grained concrete is higher than ordinary concrete. Chloride diffusion of fly ash fine-grained concrete is decreased when increasing ratio of fly ash but not significant.

*Key words:* sand concrete, fly ash, compressive strength, splitting tensile strength.

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Bê tông cát là loại bê tông cát có thành phần bao gồm: hỗn hợp cát, xi măng, chất phụ gia và nước [5]. Trong bê tông cát, cốt liệu khô được thay thế bởi cát và cốt liệu mịn là các vật liệu mịn với vai trò chèn đầy

[8] Trong khi nguồn cát tự nhiên được khai thác từ sông suối đang cạn kiệt thì nguồn cát đun với trữ lượng rất lớn ở Việt Nam hiện nay chưa được dùng trong sản xuất bê tông. Theo báo cáo Hội nghị KHCN,

**Bảng 1.** Thành phần hóa học và tính chất vật lý của xi măng và tro bay

Phân tích hóa học (%)	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MKN	Đường kính hạt trung bình (μm)	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )
Tro Bay	4,27	53,88	6,7	21,82	1,45	3,4	0,67	0,2	6,27	26,87	2,2
PC40	63,2	21,9	3,3	5,7	1,1	0,3	0,12	1,9	0,193	16,12	3,125

**Bảng 2.** Thành phần hạt của tro bay Vũng Áng

Tro bay	Lượng lọt sàng ở các kích thước hạt (μm)				
	1	10	45	100	1000
Tỷ lệ % lọt sàng	1,3%	21,90%	69,40%	96,50%	100%

Tuyễn khoáng Toàn quốc lần III năm 2010 [1], TB là sản phẩm thải từ các nhà máy nhiệt điện có hoạt tính puzolan hàng năm thải ra hàng triệu tấn gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sống . Việc sử dụng cát đụn mịn và TB trong sản xuất bê tông góp phần giải quyết bài toán thiếu hụt vật liệu cung ứng, giảm giá thành kinh tế, giảm ô nhiễm môi trường và tăng cường độ bền dài lâu của bê tông. Tuy nhiên hiện nay các công trình nghiên cứu ứng dụng các loại vật liệu này trong bê tông ở Việt Nam chưa nhiều, vì vậy cần có thêm nhiều nghiên cứu hơn nữa để có cơ sở sử dụng một cách phổ biến các loại vật liệu này trong sản xuất bê tông. Nhóm nghiên cứu chế tạo bê tông cát trong đó sử dụng TB thay thế lần lượt là 20,30,40,50 % thể tích CKD xi măng để phân tích, đánh giá mức độ ảnh hưởng của hàm lượng TB đến các tính chất của bê tông cát. Kết quả nghiên cứu đồng thời giúp xác định được hàm lượng TB sử dụng phù hợp trong bê tông cát để đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của bê tông cho các kết cấu.

## 2. KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

### 2.1 Vật liệu

Nghiên cứu sử dụng xi măng PC40 theo TCVN 6260:1997. Đá nghiền và cát nghiền được sản xuất từ cơ sở Bảo Quân – Vĩnh Phúc. Các mịn được lấy từ Quảng Bình. TB sử dụng trong nghiên cứu là TB được lấy từ nhà máy nhiệt điện Vũng Áng. Thành phần hạt và thành phần hóa học của TB được trình bày ở bảng 1 và bảng 2. Phụ gia siêu dẽo Sika Visconcrete 3000-20M được sử dụng cho nghiên cứu.

### 2.2 Thành phần hỗn hợp

Hỗn hợp bê tông cát được thiết kế dựa theo nguyên lý thể tích tuyệt đối trong đó hồ xi măng được tính toán từ lượng lỗ rỗng trong hỗn hợp cốt liệu.

Hỗn hợp cốt liệu gồm 3 loại: đá nghiền Bảo Quân, cát nghiền Bảo Quân và cát mịn Quảng Bình với thành phần theo tỷ lệ 0,2 : 0,4: 0,4. Tỷ lệ này được xác định dựa trên nguyên tắc phối hỗn hợp cốt liệu theo đường cong cấp phối fuller kết hợp thực nghiệm hỗn hợp có thể tích rỗng nhỏ nhất.

**Bảng 3.** Thành phần hạt và tính chất vật lý của cốt liệu khô và mịn trong bê tông cát

Cỡ sàng (mm)	Đá Bảo Quân	Cát Bảo Quân	Cát Quảng Bình
12.5	100	100	100
9.5	98.9	100	100
4.75	10.5	100	100
2.36	0	62.2	91
1.18	0	45.7	87.5
0.6	0	29	80.8
0.3	0	16.2	48.1
0.15	0	10.7	23.7
0.075	0	0	0
Mô đun độ lớn		3.362	1.689
Độ hút nước (%)	1,14	1,9	2,6

Tỷ lệ N/CKD được xác định tham khảo theo ACI 211.1 và ACI 363.R92. Cường độ chịu nén thiết kế của bê tông là 60 MPa. Tro bay thay thế một phần xi măng đóng vai trò CKD với tỷ lệ lần lượt là 0, 20, 30, 40, 50 %. Thành phần hỗn hợp được trình bày ở bảng 4 .

### 2.3. Chuẩn bị mẫu thử

Bê tông được trộn theo quy trình tổng cộng 8 phút. Hỗn hợp cốt liệu và CKD được trộn khô trong 2 phút. Tiếp theo đó hai phần ba lượng nước hỗn hợp và trộn trong 2 phút. Một phần ba lượng nước còn lại trộn với phụ gia siêu dẻo tiếp tục đổ vào và trộn tiếp 4 phút và dừng. Hỗn hợp bê

tông được tiến hành thử độ sụt theo TCVN 3016-1993. Mẫu thử lập phương kích thước 100x100x100 mm<sup>3</sup> được đúc để thử nghiệm cường độ nén. Mẫu trụ tròn kích thước 150x300 mm<sup>2</sup> được đúc để thử nghiệm cường độ ép chè. Mẫu trụ tròn kích thước 100x200 mm<sup>2</sup> được đúc để thử nghiệm sức kháng ion clo. Hỗn hợp bê tông đổ vào khuôn để đúc mẫu thành hai lớp, mỗi lớp được đầm 30 giây. Các mẫu thử sau khi đổ 24h thì tháo mẫu và tiến hành bảo dưỡng trong nước  $20 \pm 2^\circ$  đến khi tiến hành thử nghiệm cường độ 7, 14, 28 ngày.

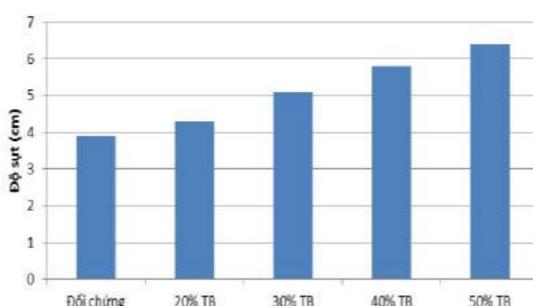
**Bảng 4.** Thành phần hỗn hợp của các loại bê tông trong nghiên cứu

Hỗn hợp	Bê tông đối chứng	20% TB	30% TB	40% TB	50% TB
Xi măng (kg)	510	419	372	323	273
Tro bay (kg)	0	79	120	162	206
Nước (lít)	153	149	148	146	144
Đá Bảo Quân (kg)	352	352	352	352	352
Cát Bảo Quân (kg)	703	703	703	703	703
Cát Quảng Bình (kg)	703	703	703	703	703
Phụ gia siêu dẻo (%)	2	2	2	2	2

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Độ sụt

Kết quả độ sụt của bê tông tươi được trình bày ở thể hiện ở hình 1. Từ biểu đồ ta có thể thấy rằng độ sụt của các loại bê tông tăng dần theo hướng tỷ lệ TB thay thế xi măng. Độ sụt bé nhất ứng với bê tông đối chứng. Theo Mehta và P. K. Mehta [8], các hạt TB có dạng hình cầu làm giảm nội ma sát, tăng độ đặc, độ linh động giúp bê tông có lợi thế lớn về yêu cầu nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông. Đặc biệt khi lượng TB thay thế lên đến 50 % xi măng, hầu hết các loại TB đều có thể giảm (15-20%) lượng nước so với bê tông đối chứng cùng độ sệt. Nhận định này phù hợp với kết quả thử nghiệm độ sụt trong nghiên cứu.



Hình 1. Độ sụt của bê tông tươi

#### 3.2 Cường độ chịu nén và cường độ ép chè

##### 3.2.1. Cường độ chịu nén

Kết quả cường độ chịu nén của các loại bê tông ở 7, 14, 28 ngày được thể hiện trong bảng 5 và hình 2.

##### Ghi chú:

$R^{tb}_{n7}$  : cường độ chịu nén trung bình của bê tông ở 7 ngày

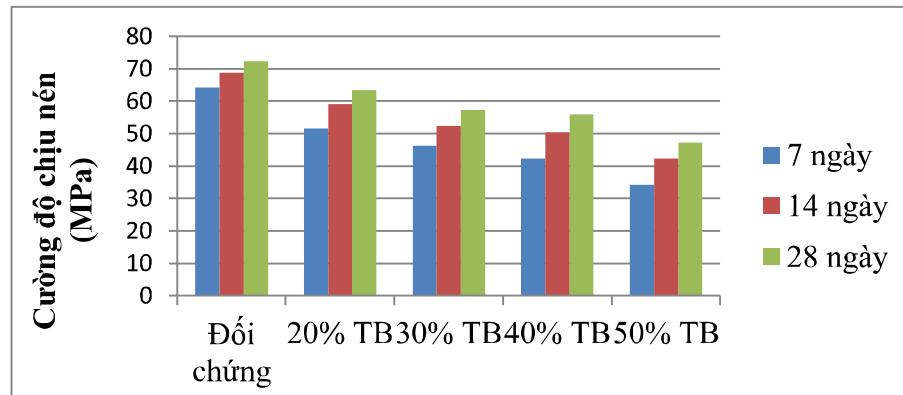
$R^{tb}_{n14}$  : cường độ chịu nén trung bình của bê tông ở 14 ngày

$R^{tb}_{n28}$  : cường độ chịu nén trung bình của bê tông ở 28 ngày

Bảng 5. Cường độ chịu nén của các loại bê tông

Tên mẫu	$R^{tb}_{n7}$ (Mpa)	$R^{tb}_{n14}$ (Mpa)	$R^{tb}_{n28}$ (Mpa)
Đối chứng	70.65	75.46	79.5
20% TB	56.67	65.06	69.6
30% TB	50.77	57.67	63.06
40% TB	46.39	55.40	61.54
50% TB	37.72	46.53	51.96

Từ kết quả thử nghiệm cho thấy khi lượng TB thay thế xi măng trong bê tông cát càng tăng thì cường độ nén của bê tông



Hình 2. Cường độ chịu nén của các loại bê tông

càng giảm ở mỗi mốc thời gian 7, 14, 28 ngày. Kết quả cho thấy cường độ nén của bê tông đối chứng lớn nhất. Ở tuổi 7, 14, 28 ngày bê tông 50%TB đạt 53,4%, 61,7%, 65,4 % cường độ so với bê tông ĐC. Bê tông 20% TB đạt 80,2%, 86,2% và 87,5% so với bê tông ĐC. Các loại bê tông trong nghiên cứu đều đạt cường độ lớn hơn 60MPa ngoại trừ bê tông 50% TB chỉ đạt 52 MPa ở 28 ngày.

Ta biết khi bê tông sử dụng tỷ lệ TB/CKD càng cao thì cường độ tuổi sớm suy giảm tuy nhiên cường độ ở tuổi muộn (sau 28 ngày) tăng, ở 56 ngày xáp xi bằng và tới 90 ngày có thể cao hơn so với bê tông xi măng poóc lăng thông thường [9]. Vấn đề này là do ở tuổi sớm 7,14 và trước 28 ngày, phản ứng puzolan của TB diễn ra chậm, chưa hiệu quả về mặt cường độ. Giai đoạn đầu TB chủ yếu có tác dụng vật lý lấp đầy lỗ rỗng và hình thành sản phẩm phức hợp  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  [6]. Đến ngày thứ 7 chỉ có khoảng 5 % TB tham gia phản ứng puzolan với  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , đến ngày thứ 28 mức độ phản ứng TB tăng lên đáng kể (gấp khoảng 2 lần so với ở 7 ngày) và tiếp tục tăng sau 90 ngày (gấp 3 ÷ 4 lần). Kết quả thử nghiệm cường độ chịu nén của các loại bê tông trong nghiên cứu phù hợp với nghiên cứu của [4], [6], [8]. Khi sử dụng nhiều TB thay thế xi măng với vai trò CKD ảnh hưởng đến cường độ sớm ngày của bê tông.

### 3.2.2. Cường độ ép ché của bê tông

Cường độ ép ché còn được gọi là cường độ kéo gián tiếp của bê tông. Kết quả cường độ ép ché của bê tông được tổng hợp trong bảng 6 và thể hiện ở hình 3

**Bảng 6. Cường độ ép ché của bê tông cát tro bay ở 28 ngày**

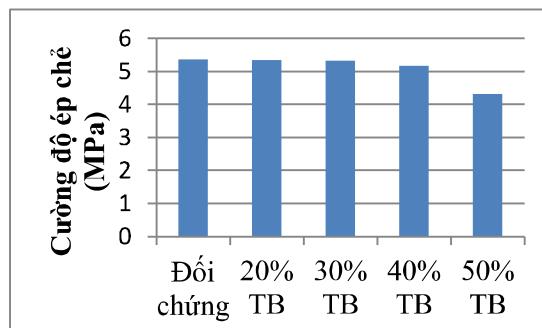
Đối chứng	$R^{tb}_{ec}$ (MPa)	$R^{tb}_{ec} / R^{tbdc}_{ec}$ (%)	$R^{tb_n} / R^{tb}_{ec}$
Đối chứng	5.37	100.0%	13.5
20% TB	5.35	99.6%	11.8
30% TB	5.33	99.3%	10.8
40% TB	5.17	96.3%	10.8
50% TB	4.31	80.3%	11.0

### Ghi chú:

$R^{tb}_{ec}$  : cường độ ép ché trung bình của bê tông

$R^{tbdc}_{ec}$  : cường độ ép ché trung bình của bê tông đối chứng

$R^{tb_n}$  : cường độ chịu nén trung bình của bê tông



**Hình 3. Cường độ ép ché của bê tông cát tro bay ở 28 ngày**

Từ kết quả thử nghiệm cho thấy cường độ ép ché của các loại bê tông dao động từ 4,31 MPa đến 5,37 MPa và xu hướng giảm dần thi tăng tỷ lệ TB/CKD. Cường độ ép ché lớn nhất đối với bê tông ĐC là 5,37 MPa. Tuy nhiên các loại bê tông 20% TB, 30% TB, 40% TB có cường độ ép ché thấp hơn không đáng kể,

tương ứng 99,6%, 99,2%, 96,3% so với bê tông DC. Khi tỷ lệ thay thế TB là 50% thì cường độ ép chè giảm mạnh chỉ bằng 80,3% so với bê tông DC. Tỷ số  $R_n/R_{ec}$  của bê tông cát TB dao động từ 10,77 – 11,84 thấp hơn so với bê tông DC là 13,5 và so với bê tông truyền thống từ 10,5 – 15,2 [10]. Như vậy bê tông cát TB có cường độ ép chè cao hơn so với bê tông truyền thống khi cùng cường độ chịu nén. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của [7], [2]. Điều này có thể lý giải như sau: Kích thước cốt liệu lớn hơn trong bê tông thì có xu hướng các màng nước cũng sẽ tích lũy lớn hơn gần bề mặt cốt liệu, điều này làm yếu đi vùng chuyển tiếp cốt liệu – hồ xi măng [3]. Đối với loại bê tông trong nghiên cứu, cốt liệu được sử dụng chủ yếu là cát với kích thước cốt liệu nhỏ, điều này có khả năng làm giảm hiệu ứng “bức tường” trong hồ xi măng, vùng lân cận của bề mặt cốt liệu và giảm độ dày của vùng chuyển tiếp [9] giúp khả năng chịu ép chè của bê tông sẽ tốt hơn.Thêm vào đó, các loại bê tông trong nghiên cứu sử dụng loại cốt liệu là cát nghiên và đá nghiên có góc cạnh và cường độ tốt làm tăng khả năng chèn cài giữa các vật liệu trong bê tông [2] làm cho khả năng chịu ép chè được cải thiện hơn so với bê tông thông thường.

#### 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm các tính chất về cường độ nén, cường độ ép chè và độ bền chống thấm ion clo của bê tông cát sử dụng TB với các mức độ thay thế khác nhau, so sánh với bê tông đối chứng, có thể rút ra những kết luận như sau:

- Độ sụt của bê tông cát TB càng tăng khi tăng tỷ lệ thay thế TB so với bê tông đối chứng do đặc tính mịn và hạt dạng tròn của hạt TB đóng vai trò bôi trơn trong hỗn hợp bê tông.

- Cường độ chịu nén của bê tông cát TB ở tuổi 7, 14, 28 ngày càng giảm khi tăng tỷ lệ thay thế TB so với bê tông đối chứng, tuy nhiên sau 28 ngày cường độ bê tông cát TB vẫn còn tiếp tục phát triển mạnh. Hiện tượng này là do phản ứng puzolan của TB diễn ra chậm dẫn đến sự phát triển cường độ của bê tông sử dụng trễ bay chậm hơn so với bê tông đối chứng.

- Với tỷ lệ thay thế TB từ 20-40% với CKD, cường độ ép chè của bê tông cát TB xấp xỉ bê tông đối chứng ở tuổi 28 ngày. Trường hợp khi xét cùng cường độ chịu nén bê tông cát TB có thể có cường độ cao hơn so với bê tông thông thường.

#### 5. LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 107.02-2016.12.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hội tuyển khoáng Việt Nam, *Tuyển tập Báo cáo Hội nghị KHCN, Tuyển khoáng Toàn quốc lần III*, Hà Nội, 2010.
- [2]. Nguyễn Thanh Sang, *Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cát để xây dựng đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ chuyên ngành xây dựng đường ô tô và thành phố, Đại học Giao thông vận tải, 2010.
- [3]. Nguyễn Việt Trung, *Thám và ăn mòn kết cấu bê tông cốt thép*, NXB. Xây dựng, Hà Nội, 2014.
- [4]. Trần Trung Hiếu, *Nghiên cứu ứng dụng bê tông xi măng tro bay làm mặt đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ chuyên ngành đường ô tô và thành phố, Đại học Giao thông vận tải, 2017.
- [5]. AFNOR. Be 'ton de sable, Paris, France, NF P18-500, 1995.
- [6]. L.Lam, Y.L. Wong, C.S, *Degree of Hydration and Gel/space Ratio of High-Volume Fly Ash/Cement Systems*, Cement and Concrete Research 30, 2000.
- [7]. Lê Thanh Hà, Nguyễn Thanh Sang, Horst-Michael Ludwig, *A Study on High Performance Fine-Grained Concrete Containing Rice Husk Ash*, international Journal of Concrete Structures and Materials Vol.8, No.4, December 2014, pp 301–307.
- [8]. Mehta, P. K , *High -Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Sustainable Development*, International Workshop on Sustainable Development and concrete Technology, 2004.
- [9]. Ollivier, J. P., Maso, J. C., & Bourdette, B. *Interfacial transition zone in concrete*. Advanced Cement Based Materials, 2(1), 1995, pp 30–38.
- [10]. Shetty, M. S. Concrete technology (theory and practice). New Delhi, India: S Chand & Co Ltd, 2003.