

## ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MỊN XI LÒ CAO ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG CHẤT KẾT DÍNH KIỂM HOẠT HÓA

Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Đình Hoàng Quân

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Trong thành phần của bê tông chất kết dính (CKD) kiểm hoạt hóa (KHH), xi lò cao nghiền mịn là một thành phần chất kết dính quan trọng tạo ra cường độ ban đầu của bê tông đồng thời kích hoạt phản ứng trùng ngưng của tro bay với chất hoạt hóa trong điều kiện nhiệt độ thường. Do vậy phẩm chất của xi lò cao (thành phần hóa học, độ nghiền mịn) có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất bê tông. Trong bài báo này, thông qua phân tích lý thuyết và kết quả thí nghiệm, làm rõ mức độ ảnh hưởng của độ mịn của xi lò cao đến tính chất quan trọng là cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông.

**Từ khóa:** độ mịn, xi lò cao, tro bay, bê tông kiểm hoạt hóa.

**Summary:** In alkali-activated slag/fly ash based concrete (AAC), ground-granulated blast-furnace slag (GGBS or GGBFS) plays an important role in increasing the early strength of concrete and accelerating the geopolymerization of fly ash (FA) at room temperature. Therefore, the quality of GGBFS (chemical composition, fineness) has a significant influence on the mechanical properties of AAC. In this paper, through theoretical analysis and experimental results, the effect of the fineness of GGBFS on the compressive strength and tensile strength was investigated.

**Keywords:** fineness, ground-granulated blast-furnace slag, GGBS, GGBFS, fly ash, FA, alkali-activated concrete, geopolymer.

### 1. MỞ ĐẦU

Xi lò cao từ công nghiệp sản xuất gang thép có thể được hoạt hoá bởi các chất kích hoạt thích hợp để tạo thành vật liệu xi măng [10]. Khi kết hợp xi lò cao giàu canxi với tro bay giúp tăng cường độ chịu nén của vật liệu và cải thiện thời gian đóng rắn nhờ gel C-A-S-H hình thành cùng gel N-A-S-H làm đầy cấu trúc vật liệu [2]. Canxi đóng vai trò quan trọng trong quá trình hoạt hoá vật liệu, khi bổ sung canxi, quá trình hoạt hoá sẽ trải qua hai phản ứng, phản ứng thứ nhất hình thành gel geopolymer, phản ứng thứ hai hình thành gel C-A-S-H hoặc C-S-H. Nhờ có canxi sẽ cải thiện cường độ chịu nén của mẫu

bảo dưỡng ở điều kiện thường. Tuy nhiên, khi bảo dưỡng vật liệu ở nhiệt độ cao làm giảm cường độ chịu nén do cản trở quá trình hình thành cấu trúc mạng 3D trong cấu trúc gel geopolymer [3]. Sự có mặt của canxi đóng vai trò hình thành cầu nối giữa geopolymer và gel C-A-S-H hoặc với các thành phần khác [4]. Khi có mặt của các gốc  $\text{OH}^-$  trong dung dịch, bề mặt các hạt xi lò cao sẽ bị bão hoà bởi các gốc này và khi canxi hoà tan từ xi lò cao khuếch tán ra ngoài bề mặt hạt sẽ phản ứng với gốc  $\text{OH}^-$  để tạo thành kết tủa canxi hydroxit. Khi trên bề mặt hạt xi lò cao bị bao phủ bởi lớp canxi hydroxit kết tủa, quá trình khuếch tán các ion  $\text{Ca}^{2+}$  ra bên

Ngày nhận bài: 15/7/2020

Ngày thông qua phản biện: 03/8/2020

Ngày duyệt đăng: 11/8/2020

ngoài bề mặt hạt xi lò cao sẽ bị cản trở. Các ion hoà tan sẽ không khuếch tán được ra ngoài và hình thành trung tâm tạo mầm mới, tạo ra các sản phẩm canxi vô định hình calciumsilicate hydrate (C-S-H). Khi thiếu hụt lượng canxi hoà tan trong dung dịch, sự hình thành gel calcium aluminosilicate hydrate (C-A-S-H) sẽ bị cản trở. Có mặt lượng nhỏ canxi hoà tan trong dung dịch sẽ phản ứng với silic hoà tan và kết tụ lại trên bề mặt gel geopolymer [4]. Khi nồng độ NaOH thấp sẽ không đủ để hình thành lớp OH<sup>-</sup> trên bề mặt hạt tro bay, do vậy khi có lượng canxi hoà tan đủ lớn nó sẽ khuếch tán ra phía ngoài hạt xi lò cao. Môi trường kiềm yếu sẽ cản trở quá trình hoà tan nhôm và silic do vậy không thuận lợi cho quá trình hình thành gel C-A-S-H mà phù hợp cho quá trình hình thành gel C-S-H [4]. Đồng thời môi trường kiềm yếu sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo mầm của gel C-S-H trên bề mặt hạt xi lò cao.

Các nghiên cứu về bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa đều chỉ ra rằng, độ mịn của xi lò cao có ảnh hưởng rất lớn đến việc giải phóng các ion Ca, Si, Al, khi độ mịn của xi càng cao tốc

độ giải phóng các ion càng nhanh, qua đó làm tăng các phản ứng tạo gel C-A-S-H/C-S-H dẫn đến cường độ của bê tông sẽ tăng nhanh ở tuổi sớm.

Tuy nhiên, độ mịn của xi tăng cao làm cho độ đòi hỏi nước của hỗn hợp bê tông cũng tăng cao qua đó phần nào ảnh hưởng đến cường độ của bê tông. Chính vì vậy, cần thiết phải thực hiện các nghiên cứu thí nghiệm bài bản, đầy đủ để đánh giá được ảnh hưởng độ mịn của xi lò cao đến tính chất cơ bản này bê tông CKD KHH qua đó có cách ứng xử và sử dụng hiệu quả đối với xi lò cao để đảm bảo điều kiện kinh tế, kỹ thuật.

## 2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sử dụng các vật liệu đầu vào sau:

*a. Tro bay:* sử dụng tro bay loại F theo TCVN 10302:2014 có nguồn gốc Nhiệt điện Hải Phòng, các chỉ tiêu cơ lý, hóa như sau: 1) khối lượng riêng: 2,24 g/cm<sup>3</sup>; 2) Độ mịn: % trên sàng 45µm: 31,1; 3) tỷ diện bề mặt 2935 cm<sup>2</sup>/g; 4) Thành phần hóa học (như bảng 1) dưới đây.

**Bảng 1: Kết quả phân tích thành phần hóa học của tro bay**

Tên mẫu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	MKN	Σ(SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	
TB Nhiệt điện Hải Phòng.1	49,31	21,68	8,76	0,98	0,08	1,62	1,27	0,13	4,36	0,13	0,42	11,32	79,75

*b. Xi lò cao:* nguồn gốc xi lò cao là xi Hòa Phát đạt yêu cầu theo TCVN 11586:2016

**Bảng 2: Kết quả thí nghiệm khối lượng riêng của XLC**

STT	Tên mẫu	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>			Trung bình g/cm <sup>3</sup>	Ghi chú
		1	2	3		
1	XLC Hòa Phát	2,45	2,45	2,45	2,45	

**Bảng 3: Kết quả phân tích thành phần hóa học của xỉ lò cao nghiên mịn**

Tên mẫu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	MKN	Ghi chú
	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	%tl	
XLC Hòa Phát	32,9	14,8	0,4	0,9	2,3	9,3	35,4	0,3	1,2	0,0	1,3	0,0	

- Xi được nghiền với 3 cấp độ mịn khác nhau, để thực hiện các thí nghiệm cụ thể là:

+ Độ mịn 1: tương đương mức S75 theo TCVN 11586:2016

+ Độ mịn 2: tương đương mức S95 theo TCVN 11586:2016

+ Độ mịn 3: tương đương mức S105 theo TCVN 11586:2016

c. Thủy tinh lỏng: Dung dịch thủy tinh lỏng (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) được sản xuất công nghiệp và được cung cấp bởi công ty hóa chất Việt Hoa, có tỷ lệ khối lượng 26.7%SiO<sub>2</sub>, 9.84%Na<sub>2</sub>O và 63.46%H<sub>2</sub>O, khối lượng riêng  $\gamma_{attl} = 1.45\text{g/cm}^3$ .

d. Xút: Xút vảy (NaOH) dạng rắn được sản xuất công nghiệp có độ tinh khiết 99%, khối lượng riêng  $\gamma_{axút} = 2.13\text{g/cm}^3$ .

e. Đá dăm: Sử dụng đá dăm Hòa Bình đạt yêu cầu theo TCVN 7570:2006. Khối lượng riêng  $\gamma_{aĐ} = 2.70\text{g/cm}^3$ , khối lượng thể tích xốp  $\gamma_{oĐ} = 1432\text{kg/m}^3$ ; Đường kính hạt lớn nhất 20mm. Độ hở giữa các hạt  $r_{Đ} = 47\%$ .

f. Cát vàng: Sử dụng cát vàng Sông Lô, đạt yêu cầu theo TCVN 7570:2006. Khối lượng riêng  $\gamma_{aC} = 2.65\text{g/cm}^3$ , Mô đun độ lớn  $M_{đl} = 2.6$ , lượng hạt trên sàng 5mm: không.

- Phụ gia: không

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp phân tích lý thuyết;

- Phương pháp thí nghiệm kiểm chứng: các

nghiên cứu, thí nghiệm được thực hiện trong phòng thí nghiệm tiêu chuẩn và dựa trên các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và những tiêu chuẩn quốc tế khi không có tiêu chuẩn Việt Nam tương tự;

- Phương pháp chuyên gia trong phân tích kết quả thí nghiệm.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sử dụng hàm lượng chất kết dính tối đa xác định được trong nội dung nghiên cứu 3.1 của đề tài “Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa (không sử dụng xi măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường, Mã số KC.08.21/16-20”, với %Na<sub>2</sub>O = 5%, M<sub>s</sub> = 1.2, %BFS = 50%, trong đó %Na<sub>2</sub>O – Tỷ lệ khối lượng giữa Na<sub>2</sub>O có trong dung dịch hoạt hóa và tổng chất kết dính (tro bay + xỉ lò cao + phần rắn trong dung dịch hoạt hóa), M<sub>s</sub> – Tỷ số giữa SiO<sub>2</sub> và Na<sub>2</sub>O trong dung dịch hoạt hóa, %BFS – Tỷ lệ khối lượng xỉ lò cao và tổng khối lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng. Các cấp phối được thiết kế dựa trên 5 lượng dùng tro + xỉ (M<sub>TX</sub>) khác nhau lần lượt là 250, 300, 350, 400, 450 kg với 3 loại xỉ có độ mịn khác nhau lần lượt là S75, S95, S105 theo TCVN 11586:2016.

Thành phần cấp phối bê tông được thể hiện như bảng 4 dưới đây:

**Bảng 4: Thành phần cấp phối bê tông sử dụng trong thí nghiệm**

TT	Ký hiệu	Các yếu tố theo tỷ lệ thực					Cấp phối 1m <sup>3</sup> bê tông (kg) - chưa hiệu chỉnh độ ẩm						
		Độ mịn của xỉ	M <sub>TX</sub>	A:%Na <sub>2</sub> O	B:M <sub>S</sub>	C:% BFS	Cát (khò)	Đá dăm	Xỉ lò cao	Tro bay	dd thủy tinh lỏng	Xút vẩy	Nước (thêm)
1	M1-250	S75	250k g	5.0%	1.2	50.0 %	815.61	1127.3 8	125.00	125.00	64.82	10.12	118.23
2	M2-250	S95	250k g	5.0%	1.2	50.0 %	806.44	1123.2 3	125.00	125.00	64.82	10.12	123.23
3	M3-250	S105	250k g	5.0%	1.2	50.0 %	793.55	1117.47	125.00	125.00	64.82	10.12	130.23
4	M1-300	S75	300k g	5.0%	1.2	50.0 %	773.29	1108.5 8	150.00	150.00	77.79	12.14	109.88
5	M2-300	S95	300k g	5.0%	1.2	50.0 %	763.57	1104.9 8	150.00	150.00	77.79	12.14	114.88
6	M3-300	S105	300k g	5.0%	1.2	50.0 %	749.40	1100.5 2	150.00	150.00	77.79	12.14	121.88
7	M1-350	S75	350k g	5.0%	1.2	50.0 %	727.21	1093.6 1	175.00	175.00	90.75	14.16	101.53
8	M2-350	S95	350k g	5.0%	1.2	50.0 %	717.03	1090.4 8	175.00	175.00	90.75	14.16	106.53
9	M3-350	S105	350k g	5.0%	1.2	50.0 %	702.75	1086.1 3	175.00	175.00	90.75	14.16	113.53
10	M1-400	S75	400k g	5.0%	1.2	50.0 %	680.37	1079.4 1	200.00	200.0 0	103.72	16.18	93.18
11	M2-400	S95	400k g	5.0%	1.2	50.0 %	670.11	1076.3 6	200.00	200.0 0	103.72	16.18	98.18
12	M3-400	S105	400k g	5.0%	1.2	50.0 %	654.91	1072.9 4	200.00	200.0 0	103.72	16.18	105.18
13	M1-450	S75	450k g	5.0%	1.2	50.0 %	630.78	1068.0 1	225.00	225.0 0	116.68	18.21	84.82
14	M2-450	S95	450k g	5.0%	1.2	50.0 %	619.73	1065.7 7	225.00	225.0 0	116.68	18.21	89.82
15	M3-450	S105	450k g	5.0%	1.2	50.0 %	604.24	1062.6 5	225.00	225.0 0	116.68	18.21	96.82

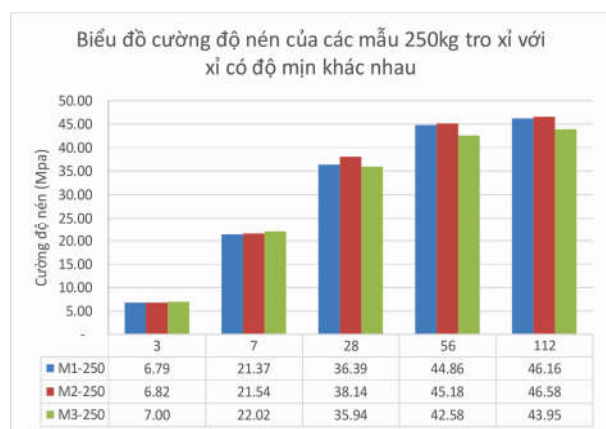
(Ghi chú: M1, M2, M3 tương ứng là ký hiệu xi lô cao có độ nghiền mịn S75, S95 và S105 theo TCVN 11586:2016)

### 3.2. Kết quả nghiên cứu thí nghiệm

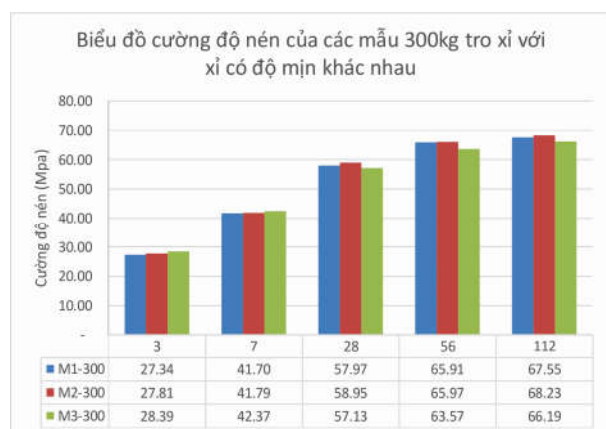
**Bảng 5: Kết quả thí nghiệm cường độ nén, kéo khi uốn của bê tông**

TT	Ký hiệu	Độ sứt Sn (cm)	Chế độ bảo dưỡng	Cường độ chịu nén (Mpa)					Cường độ chịu kéo khi uốn (Mpa)				
				R3	R7	R28	R56	R112	R3	R7	R28	R56	R112
1	M1-250	7	Ngâm nước	6.79	21.37	36.39	44.86	46.16	1.74	5.42	8.23	8.90	8.87
2	M2-250	8	Ngâm nước	6.82	21.54	38.14	45.18	46.58	2.03	6.17	8.87	9.18	9.53
3	M3-250	9	Ngâm nước	7.00	22.02	35.94	42.58	43.95	2.23	6.53	8.34	8.63	8.95
4	M1-300	16	Ngâm nước	27.34	41.70	57.97	65.91	67.55	5.31	7.98	9.65	9.87	10.41
5	M2-300	17	Ngâm nước	27.81	41.79	58.95	65.97	68.23	6.04	8.91	10.20	10.22	10.93
6	M3-300	18	Ngâm nước	28.39	42.37	57.13	63.57	66.19	6.47	9.37	9.92	9.48	10.39
7	M1-350	18	Ngâm nước	38.53	46.33	61.05	68.42	69.03	7.66	9.08	10.41	10.50	10.80
8	M2-350	19	Ngâm nước	39.19	47.62	61.42	69.72	69.31	8.85	10.16	10.68	11.25	11.51
9	M3-350	20	Ngâm nước	40.21	47.81	59.03	67.84	67.42	9.41	10.46	10.27	10.92	11.22
10	M1-400	20	Ngâm nước	42.97	53.98	64.51	70.82	71.19	9.23	11.86	11.88	11.74	11.86
11	M2-400	22	Ngâm nước	43.49	49.93	65.09	71.46	72.40	10.22	11.25	12.48	12.31	12.77
12	M3-400	22	Ngâm nước	44.36	51.43	63.20	69.03	70.71	11.25	12.04	12.28	11.74	12.59
13	M1-450	23	Ngâm nước	46.38	51.08	67.68	73.52	73.45	9.58	11.63	12.05	12.50	12.48
14	M2-450	23	Ngâm nước	47.03	51.49	68.09	73.82	73.89	10.11	10.58	12.73	13.13	13.18
15	M3-450	24	Ngâm nước	47.26	52.62	66.45	70.96	71.19	10.65	11.17	12.60	12.42	12.62

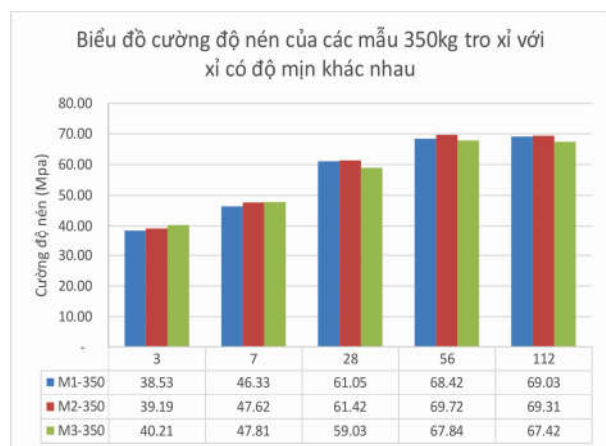
### 3.3. Thảo luận



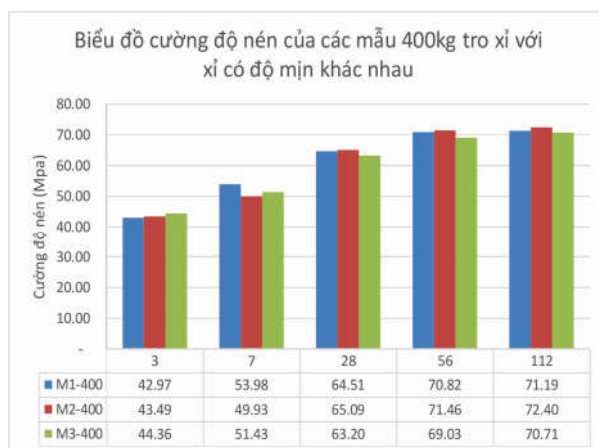
Hình 1: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 250kg tro + xỉ với xỉ có độ mịn khác nhau



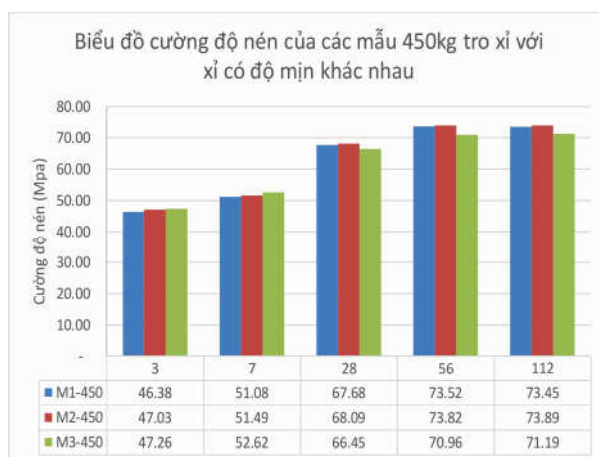
Hình 2: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 300kg tro + xỉ với xỉ có độ mịn khác nhau



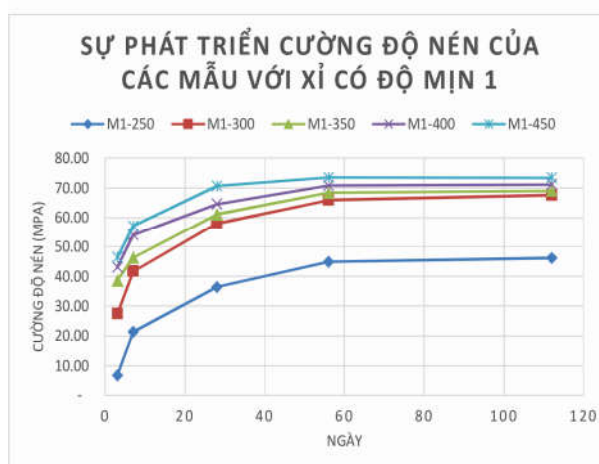
Hình 3: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 350kg tro + xỉ với xỉ có độ mịn khác nhau



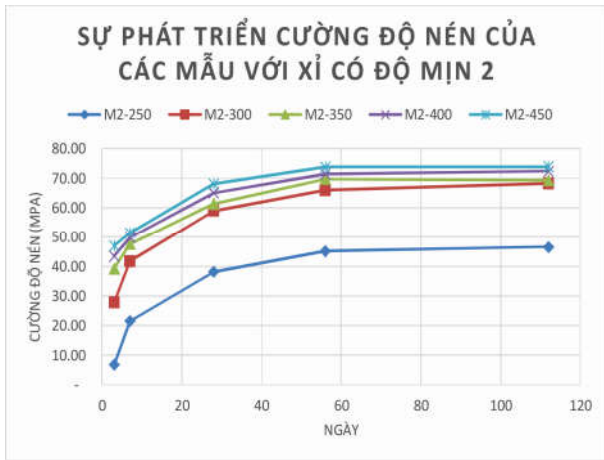
Hình 4: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 400kg tro + xỉ với xỉ có độ mịn khác nhau



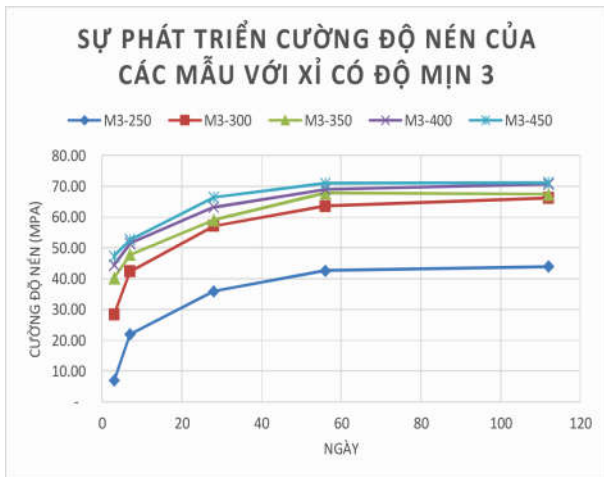
Hình 5: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 450kg tro + xỉ với xỉ có độ mịn khác nhau



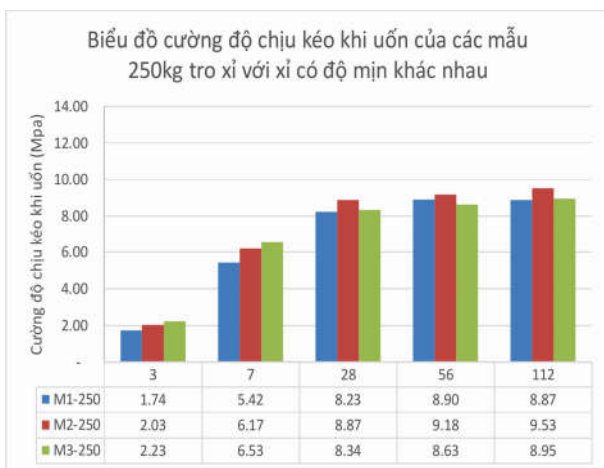
Hình 6: Biểu đồ sự phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông với xỉ có độ mịn 1 (S75)



Hình 7: Biểu đồ sự phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông với xi có độ mịn 2 (S95)



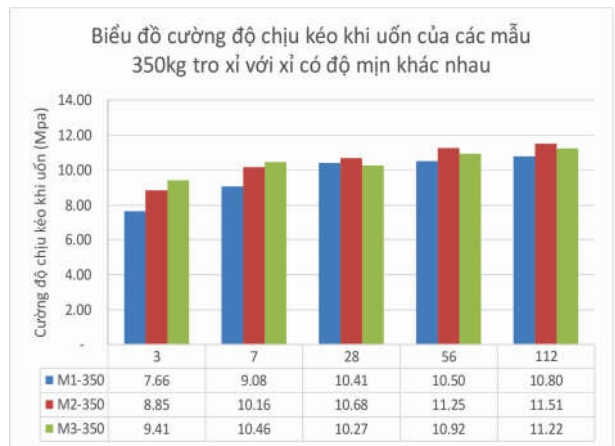
Hình 8: Biểu đồ sự phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông với xi có độ mịn 3 (S105)



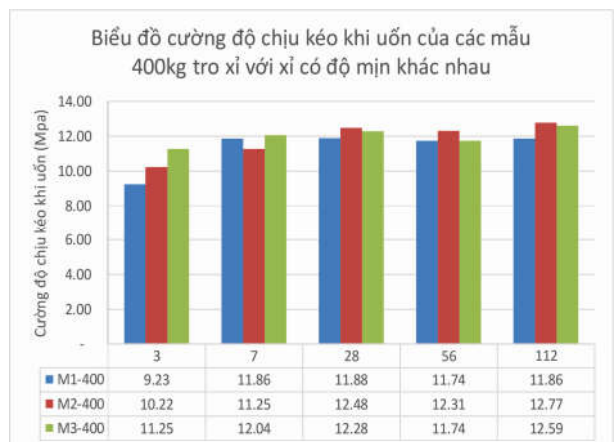
Hình 9: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 250kg tro + xi với xi có độ mịn khác nhau



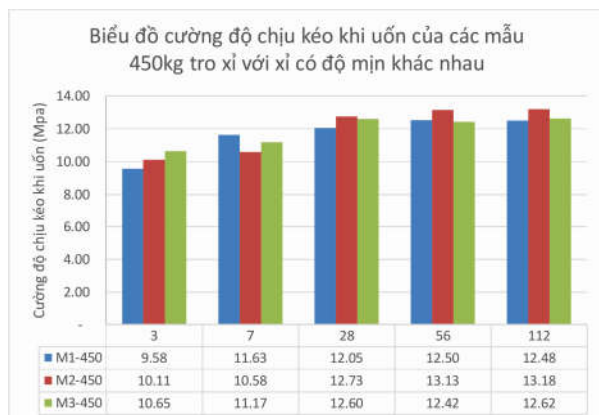
Hình 10: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 300kg tro + xi với xi có độ mịn khác nhau



Hình 11: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 350kg tro + xi với xi có độ mịn khác nhau



Hình 12: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 400kg tro + xi với xi có độ mịn khác nhau



Hình 13: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của các mẫu bê tông sử dụng 450kg tro + xỉ với xi có độ mịn khác nhau

Kết quả nghiên cứu trong bảng 5 cho thấy, khi độ mịn của xỉ lò cao tăng từ S75 lên S95, giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở tuổi 28 tăng tuy nhiên không nhiều (khoảng dưới 5%); Khi độ mịn của xỉ lò cao tiếp tục tăng từ S95 lên S105 giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông bắt đầu giảm xuống. Như vậy ban đầu khi độ mịn xỉ lò cao tăng lên làm tăng hiệu quả các phản ứng, dẫn đến tăng cường độ, tuy nhiên khi độ mịn của xỉ tiếp tục tăng khả năng phản ứng của xỉ cũng tiếp tục tăng, tuy nhiên cùng với đó để đạt được độ lưu động yêu cầu cần tăng lượng dùng nước, điều này dẫn đến 2 hậu quả đó là: 1) lượng nước dư trong bê tông tăng lên, khi nước bay hơi sẽ để lại lỗ rỗng trong bê tông làm giảm cường độ của bê tông; 2) khi lượng dùng nước tăng lên, dẫn đến nồng độ chất hoạt hóa trong nước trộn bê tông giảm xuống làm giảm khả năng kích hoạt phản ứng trũng ngưng của chất hoạt hóa, dẫn đến khả năng phát triển cường độ của bê tông kém đi. Các kết quả nghiên cứu về độ lưu động trong bảng 4 cũng đã chỉ ra rằng, khi độ mịn của xỉ tăng lên từ mức S75 đến S95 để đạt được độ lưu động tương đương cần tăng lượng dùng nước khoảng 5 lít/m<sup>3</sup> bê tông. Khi độ mịn của xỉ tiếp tục tăng từ độ mịn S95 lên S105 lượng dùng nước tăng thêm từ 6-7 lít/m<sup>3</sup> bê tông, điều đó cũng cho thấy độ mịn của xỉ lò cao có ảnh hưởng đáng kể đến lượng dùng nước của bê tông. Điều này có thể giải thích rằng khi độ mịn của xỉ tăng cao

dẫn đến tỷ diện bề mặt của nó tăng cao làm cho yêu cầu lượng nước làm ướt bề mặt và tạo độ lưu động cũng tăng lên, do vậy lượng nước yêu cầu tăng cao. Ngoài ra cũng có thể xảy ra hiện tượng, khi độ mịn của xỉ tăng cao đã làm cho các phản ứng của xỉ với nước tăng nhanh ở tuổi sớm (Chủ yếu là Ca<sup>++</sup>), dẫn đến hiện tượng co khô tức thời gây ra các vi nứt trong bê tông dẫn đến làm giảm cường độ của bê tông.

Các kết quả nghiên cứu ở bảng 5 cũng chỉ ra rằng, khi độ mịn của xỉ tăng cao, tốc độ phát triển cường độ của bê tông ở các tuổi sớm tăng cao nhanh hơn, tuy nhiên ở tuổi muộn hơn, tốc độ tăng cường độ của bê tông sử dụng xỉ có độ mịn cao hơn lại chậm hơn so với bê tông sử dụng xỉ có độ mịn thấp hơn. Điều này chứng tỏ khi độ mịn của xỉ tăng cao làm cho tốc độ giải phóng các ion Ca, Al, Si nhanh hơn dẫn đến các phản ứng tạo gel C-A-S-H/C-S-H tăng nhanh làm cho cường độ của bê tông sẽ tăng nhanh ở tuổi sớm.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các kết quả nghiên cứu, thí nghiệm trên với mục đích kiểm chứng các quy luật ảnh hưởng của độ mịn chất kết dính (xỉ lò cao) đến các tính chất cơ lý quan trọng của bê tông là cường độ chịu nén và chịu kéo khi nén. Các kết quả nghiên cứu thí nghiệm đã chỉ ra rằng, ảnh hưởng của độ mịn chất kết dính (xỉ lò cao) đến cường độ của bê tông cơ bản tuân theo các quy luật vật lý thông thường. Cụ thể như sau:

- Khi độ mịn của xỉ lò cao tăng từ S75 lên S95, giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở tuổi 28 ngày tăng tuy nhiên không nhiều (khoảng dưới 5%); Khi độ mịn của xỉ lò cao tiếp tục tăng từ S95 lên S105 giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở tuổi 28 ngày bắt đầu giảm. Đây là căn cứ để đề tài khuyến nghị giá trị độ mịn của xỉ phù hợp dùng cho bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa để đảm bảo điều kiện kinh tế - kỹ thuật.

- Diễn biến ảnh hưởng của độ mịn của xỉ đến cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở tuổi 28 ngày có liên quan đến ảnh hưởng của nó đến lượng dùng nước của hỗn hợp



bê tông, cụ thể là khi độ mịn của xỉ tăng lên từ mức S75 đến S95 để đạt được độ lưu động tương đương cần tăng lượng dùng nước khoảng 5 lít/m<sup>3</sup> bê tông. Khi độ mịn của xỉ tiếp tục tăng từ độ mịn S95 lên S105 lượng dùng nước tăng thêm từ 6-7 lít/m<sup>3</sup> bê tông, điều đó cũng cho thấy độ mịn của xỉ lò cao có ảnh hưởng đáng kể đến lượng dùng nước của bê tông.

Ở trên là kết một phần kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của độ mịn của xỉ lò cao đến các tính chất cơ lý cơ bản của hỗn hợp bê tông và bê tông, nghiên cứu của đề tài còn thực hiện trên các cấp phối có sử dụng nhiều loại tro bay loại F khác nhau ở Việt Nam và xem xét ảnh hưởng của độ mịn xỉ lò cao đến nhiều tính chất cơ lý khác của hỗn hợp bê tông và bê tông như: độ ổn

định thể tích, lượng nước tiêu chuẩn của hỗn hợp chất kết dính, thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết, độ tách nước, độ hút nước, độ chống thấm của bê tông. Các kết quả này sẽ được công bố trên các bài báo tiếp theo.

#### Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Quốc gia KC08.21/16-20 “**Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa (không sử dụng xỉ măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường.**” Các tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ KH-CN, chương trình KC08/16-20 đã tài trợ kinh phí để thực hiện đề tài này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Kumar, R. Kumar, and S. P. Mehrotra, “Influence of granulated blast furnace slag on the reaction, structure and properties of fly ash based geopolymer,” *J. Mater. Sci.*, vol. 45, no. 3, pp. 607–615, Feb. 2010.
- [2] S. K. Nath and S. Kumar, “Influence of iron making slags on strength and microstructure of fly ash geopolymer,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 38, pp. 924–930, Jan. 2013.
- [3] J. S. J. Van Deventer, J. L. Provis, and P. Duxson, “Technical and commercial progress in the adoption of geopolymer cement,” *Miner. Eng.*, vol. 29, pp. 89–104, Mar. 2012.
- [4] C. K. Yip, G. C. Lukey, and J. S. J. van Deventer Dean, “Effect of Blast Furnace Slag Addition on Microstructure and Properties of Metakaolinite Geopolymeric Materials,” 2012, pp. 187–209.
- [5] M. Marcin, M. Sisol, and I. Brezani, “Effect of Slag Addition on Mechanical Properties of Fly ash Based Geopolymers,” *Procedia Eng.*, vol. 151, pp. 191–197, Jan. 2016.
- [6] J. . Chang, “A study on the setting characteristics of sodium silicate-activated slag pastes,” *Cem. Concr. Res.*, vol. 33, no. 7, pp. 1005–1011, Jul. 2003.
- [7] M. C. Chi and Y. C. Liu, “Effects of Fly Ash/Slag Ratio and Liquid/Binder Ratio on Strength of Alkali-Activated Fly Ash/Slag Mortars,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 377, pp. 50–54, Aug. 2013.
- [8] M. Nedeljković, Z. Li, and G. Ye, “Setting, Strength, and Autogenous Shrinkage of Alkali-Activated Fly Ash and Slag Pastes: Effect of Slag Content,” *Materials (Basel)*, vol. 11, no. 11, p. 2121, Oct. 2018.
- [9] S. Saha and C. Rajasekaran, “Enhancement of the properties of fly ash based geopolymer paste by incorporating ground granulated blast furnace slag,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 146, pp. 615–620, Aug. 2017.
- [10] C. Shi, “Steel Slag—Its Production, Processing, Characteristics, and Cementitious Properties,” *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 16, no. 3, pp. 230–236, Jun. 2004.