

# KẾT QUẢ ỨNG DỤNG BÊ TÔNG CHẤT KẾT DÍNH KIỂM HOẠT HÓA SỬ DỤNG TRO BAY VÀ XỈ LÒ CAO TẠI CÔNG TRÌNH THỬ NGHIỆM

Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Đinh Hoàng Quân

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Một trong những nội dung quan trọng 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 kiểm 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” là ứng dụng thử nghiệm bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao tại công trình thực tế để kiểm chứng chất lượng của loại bê tông này. Công trình thử nghiệm của đề tài được thực hiện tại một đoạn kè biển từ K25+320 đến K25+340 ở khu vực thị trấn Thịnh Long, huyện Hải Hậu, tỉnh Nam Định, Việt Nam. Bài báo trình bày một phần kết quả nghiên cứu thiết kế thành phần cấp phối bê tông, quy trình tổ chức thi công và đánh giá chất lượng ban đầu của bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao tại ứng dụng thực tế này.

**Từ khóa:** Bê tông, chất kết dính kiểm hoạt hóa, tro bay, xỉ lò cao, geopolimer, ứng dụng thực tế

**Summary:** One of the important contents of the KC08.21/16-20 Vietnamese national project, namely “Research on using a combination of fly ash and blast furnace slag to produce the alkali-activated concrete (do not use Portland cement) for construction working in the marine environment, contributing to environmental protection”, is the practical application of alkali-activated fly ash and blast furnace slag concrete (AAFS) to verify the quality of this material. This practical application is carried out at a sea embankment section from K25+320 to K25+340 in Thịnh Long town, Hai Hau district, Nam Dinh province, Vietnam. This article presents a part of the research results on the design of concrete mix components, the construction process and the initial quality assessment of AAFS concrete in this practical application.

**Key words:** Concrete, alkali-activated binder, fly ash, blast furnace slag, geopolimer, practical application

## 1. MỞ ĐẦU

Các nghiên cứu trong và ngoài nước đã khẳng định có thể khai thác sử dụng các phế phụ phẩm của công nghiệp luyện kim và nhiệt điện là xỉ lò cao và tro bay để làm bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa, góp phần bảo vệ môi trường. Tuy nhiên, song song với những kết quả đã đạt được, vẫn còn rất nhiều vấn đề khoa học còn tồn tại chưa được giải quyết để có thể đẩy mạnh ứng

dụng loại vật liệu “xanh” này vào thực tế đó là: Chưa xây dựng được cơ sở khoa học, phương pháp tính toán thành phần cấp phối bê tông để thuận tiện trong áp dụng thực tiễn; Đa số các nghiên cứu mới chỉ đề cập đến việc sử dụng tro bay dạng đã qua tuyển với hàm lượng mất khi nung thấp  $\leq 6\%$ , chưa đề cập đến việc sử dụng các loại tro bay có lượng mất khi nung cao, trong khi đó để giải quyết tốt vấn đề môi trường,

Ngày nhận bài: 25/11/2020

Ngày thông qua phản biện: 16/12/2020

Ngày duyệt đăng: 18/12/2020

cần nghiên cứu để có thể sử dụng được loại tro bay này; Các nghiên cứu về khả năng chống chịu của bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay kết hợp xỉ lò cao trước các tác nhân xâm thực biển chưa được đề cập; Việc có thể sử dụng được chất hoạt động bề mặt để nâng cao độ lưu động, cải thiện các tính chất của bê tông hay không cũng chưa được đề cập; Chưa có các quy trình công nghệ cho việc triển khai áp dụng vào thực tế; Hơn nữa việc nghiên cứu ứng dụng loại vật liệu này tại Việt Nam còn rất hạn chế, đặc biệt hướng tiếp cận sử dụng kết hợp tro bay và xỉ lò cao để làm bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa có thể đóng rắn ở điều kiện nhiệt độ thường trong điều kiện Việt Nam thuận lợi hơn cho việc ứng dụng thực tế chưa được nghiên cứu.

Trên cơ sở những tồn tại nêu trên, đề tài tiếp cận theo hướng nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa áp dụng cho công trình thủy lợi ven biển với mục tiêu chính là: 1) tận dụng tối đa, triệt để các nguồn tro, xỉ thải Việt Nam, trong đó xem xét sử dụng các dạng tro bay có hàm lượng mất khi nung trên 6% để chế tạo các dạng bê tông với chất lượng khác nhau, có như thế mới mong muốn xử lý được nhiều hơn dạng phế thải này góp phần bảo vệ môi trường; 2) xây dựng được cơ sở khoa học, phương pháp tính toán thành phần cấp phối bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao để thuận tiện trong tính toán thiết kế cấp phối trong thực tế; 3) Xây dựng được quy trình công nghệ sản xuất, thí nghiệm, thi công, nghiệm thu bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao nhằm chuyển giao áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tế xây dựng ở Việt Nam.

Các kết quả nghiên cứu thí nghiệm của đề tài ở trong phòng thí nghiệm đã tối ưu được thành phần cấp phối, xây dựng được phương pháp tính toán thành phần cấp phối loại bê tông này và xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu cơ lý của bê tông chất kết dính kiềm

hoạt hóa, xây dựng được quy trình để chế tạo loại bê tông này. Việc triển khai ứng dụng thử nghiệm tại hiện trường là bước tiếp theo quan trọng để kiểm chứng kết quả và hiệu chỉnh các quy trình công nghệ cũng có cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc triển khai đại trà ngoài hiện trường.

Công trình thử nghiệm được triển khai tại đoạn đê biển K25+320 - K25+340 thuộc đê biển Thị trấn Thịnh Long - Hải Hậu - Nam Định. Nội. Mô hình thử nghiệm trong phạm vi một khung bê tông có chiều dài theo lý trình đoạn đê là 20,0m, giải pháp như sau:

- Giữ nguyên kết cấu chân đê, các lớp vật liệu lọc bao gồm 01 lớp vải địa kỹ thuật tương đương loại vải TS40; phía trên là lớp đá dăm 1x2 dày 15cm; trên cùng là cấu kiện bê tông lục lăng cũ;

- Khoan cấy thép neo vào hệ thống khung dầm bê tông cũ, lắp dựng cốt thép khung dầm; đổ bê tông cốt thép hệ khung dầm mới phía trên hệ khung dầm cũ. Sau đó rải lớp đá dăm 1x2 dày 15cm; phía trên rải vải địa kỹ thuật tương đương loại vải TS40, trên cùng là cấu kiện bê tông lục lăng có hình thức, kích thước như hiện trạng nhưng được chế tạo bằng vật liệu mới bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa có cường độ  $\geq 40\text{Mpa}$ .

## 2. TÍNH TOÁN THÀNH PHẦN CẤP PHỐI BÊ TÔNG TẠI HIỆN TRƯỜNG

### 2.1. Các thông số đầu vào

#### 2.1.1. Yêu cầu về bê tông:

- Theo yêu cầu đặt ra bê tông có cường độ  $\geq 40\text{Mpa}$ . Vì là công trình thử nghiệm, để đảm bảo an toàn chọn mác bê tông là: M45, tuổi 28 ngày, mẫu chuẩn 150 x 150 x 150mm.

- Các tính năng khác: không; Môi trường làm việc: biển.

#### 2.1.2. Điều kiện thí nghiệm

- Máy trộn loại cưỡng bức, nạp vật liệu thủ công,

- Cán bàn Nhân Hòa hiện thị vạch chia, độ chính

xác ±200g.

- Máy đầm dùi cầm tay chạy điện, công suất 1.5kw

- Môi trường 32°C.

- Các yêu cầu công nghệ khác: không.

### 2.1.3. Vật liệu chế tạo

- Tro bay: Tro bay loại F đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 với các đặc tính kỹ thuật như bảng 1. Khối lượng riêng của tro bay  $\gamma_{aFA} = 2,24\text{g/cm}^3$ .

- Xi lò cao: Xi lò cao Hòa Phát nghiền mịn với thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1, đây là loại xi có tính bazơ (HM lớn hơn 1,4) nên đảm bảo chế tạo được bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa có tính năng tốt. Khối lượng riêng của xi lò cao  $\gamma_{aBFS} = 2,85\text{g/cm}^3$ .

$$HM = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2} = 1,585$$

**Bảng 1: Thành phần hóa học của tro bay và xi lò cao**

ST T	Chỉ tiêu phân tích	Thành phần hóa học của Tro bay (%)	Thành phần hóa học của Xi lò cao (%)
1	SiO <sub>2</sub>	52,96	35,26
2	TiO <sub>2</sub>	0,94	0,90
3	T- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,60	0,35
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,21	10,30
5	Na <sub>2</sub> O	0,27	0,35
6	K <sub>2</sub> O	3,97	0,70
7	CaO	1,59	40,09
8	MgO	1,48	8,07
9	MnO	0,05	2,13
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,01
11	SO <sub>3</sub>	0,33	1,39
12	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,028	0,009
13	BaO	0,117	0,128
14	SrO	0,027	0,125
15	CuO	0,014	0,003
16	ZnO	0,023	0,003
17	NiO	0,012	0,001

ST T	Chỉ tiêu phân tích	Thành phần hóa học của Tro bay (%)	Thành phần hóa học của Xi lò cao (%)
18	MKN	9,92	<0.10

- 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 %Na<sub>2</sub>O<sub>ttl</sub>= 9,65%, %SiO<sub>2ttl</sub>=27,49%, %H<sub>2</sub>O<sub>ttl</sub>=62,86%, khối lượng riêng  $\gamma_{attl} = 1,45\text{g/cm}^3$ .

- Xút: Xút vảy (NaOH) dạng rắn được sản xuất công nghiệp có độ tinh khiết 99%, khối lượng riêng  $\gamma_{axút} = 2,13\text{g/cm}^3$ .

- Đá dăm: Khối lượng riêng  $\gamma_{aĐ} = 2,68\text{g/cm}^3$ , khối lượng thể tích xếp  $\gamma_{oĐ} = 1390\text{kg/m}^3$ ; Đường kính hạt lớn nhất 20mm. Độ hở giữa các hạt  $r_{Đ} = 48\%$ .

- Cát vàng: Khối lượng riêng  $\gamma_{aC} = 2,63\text{g/cm}^3$ , Mô đun độ lớn  $M_{đl} = 2,6$ , lượng hạt trên sàng 5mm: không.

- Phụ gia: không

## 2.2. Kết quả tính toán cấp phối bê tông

a. Lựa chọn mác bê tông thiết kế và cường độ yêu cầu: dựa trên cường độ bê tông yêu cầu và điều kiện thi công, trên cơ sở dự thảo hướng dẫn tính toán cấp phối bê tông CKDKHH [1] ta có:

$$R_{28} = R_{yc} \cdot k_1 \cdot k_2 = 45 \times 1,2 \times 1,0 = 54 \text{ (Mpa)} \quad (1)$$

Với:

-  $R_{28}$  là cường độ nén của bê tông CKD KHH trong phòng thí nghiệm ứng với mẫu lập phương 15x15x15cm ở tuổi 28 ngày (Mpa);

-  $k_1$  là hệ số an toàn, lấy bằng 1,2 đối với máy trộn nạp vật liệu thủ công;

-  $k_2$  là hệ số phẩm chất cốt liệu, lấy bằng 1,0 đối với chất lượng vật liệu tốt;

-  $R_{yc}$  là cường độ bê tông yêu cầu tương ứng với mác bê tông thiết kế, bê tông mác M45 nên  $R_{yc} = 45 \text{ (MPa)}$

b. Xác định các thông số đầu vào (%Na<sub>2</sub>O, %BFS, N/TX)

Với cường độ nén R<sub>28</sub> = 54(Mpa), trên cơ sở các biểu đồ lập sẵn [1] và tối ưu hóa về kinh tế lựa chọn được giá trị %Na<sub>2</sub>O=5%, N/TX=0,478 và %BFS=40% để tiếp tục tính toán cấp phối.

c. Chọn lượng nước ban đầu N (lít) cho 1 m<sup>3</sup> bê tông.

Ứng với đường kính lớn nhất của cốt liệu D<sub>max</sub>=20mm, cát có mô đun độ lớn M<sub>dl</sub>=2,6, chọn lượng nước ban đầu (N) bằng 167 lít cho

1 m<sup>3</sup> bê tông CKD KHH [1].

d. Tính tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (M<sub>TX</sub>)

$$M_{TX} = N \cdot \frac{N}{TX} = 167 : 0,478 = 350 \text{ (kg)}$$

e. Xác định thành phần dung dịch hoạt hóa (m<sub>xút</sub>, m<sub>ttl</sub> và m<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) và hàm lượng tro bay, xỉ lò cao (m<sub>FA</sub>, m<sub>BFS</sub>):

Ta có các thông số đầu vào đã biết như sau:

**Bảng 2: Các thông số đầu vào tính toán cấp phối**

Thông số	Chú thích	Giá trị
%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 (%)	5%
M <sub>s</sub>	Tỷ lệ khối lượng giữa SiO <sub>2</sub> và N <sub>2</sub> O trong dung dịch hoạt hóa, M <sub>s</sub> =1.2	1,2
%BFS	Tỷ lệ khối lượng xỉ lò cao và tổng khối lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (%)	40%
N/TX	Tỷ lệ khối lượng giữa tổng lượng nước trong dung dịch hoạt hóa và tổng tro bay, xỉ lò cao sử dụng	0,478
M <sub>TX</sub>	Tổng khối lượng tro bay + xỉ lò cao trong 1m <sup>3</sup> bê tông (kg)	350kg
%SiO <sub>2ttl</sub>	Tỷ lệ khối lượng của thành phần SiO <sub>2</sub> có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)	26,7%
%Na <sub>2</sub> O <sub>ttl</sub>	Tỷ lệ khối lượng của thành phần Na <sub>2</sub> O có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)	9,84%
%H <sub>2</sub> O <sub>ttl</sub>	Tỷ lệ khối lượng của thành phần H <sub>2</sub> O có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)	63,46%
m <sub>CKD</sub>	Tổng khối lượng chất kết dính, bao gồm tro bay, xỉ lò cao và phần rắn trong dung dịch hoạt hóa (kg), được tính theo công thức: $m_{CKD} = \frac{M_{TX}}{1 - \%Na_2O * (1 + M_s)}$	393kg

Thành phần dung dịch hoạt hóa (m<sub>xút</sub>, m<sub>ttl</sub> và m<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) và hàm lượng tro bay, xỉ lò cao (m<sub>FA</sub>, m<sub>BFS</sub>) được xác định theo các công thức sau:

**Bảng 3: Thành phần cấp phối hồ CKD KHH**

Thành phần cấp phối	Ký hiệu	Cách tính toán	Giá trị
Xi lò cao	m <sub>BFS</sub>	%BFS * M <sub>TX</sub>	140 kg
Tro bay	m <sub>FA</sub>	M <sub>TX</sub> - m <sub>BFS</sub>	210 kg
Xút vảy	m <sub>xút</sub>	$1,29 * \%Na_2O * m_{CKD} * \left(1 - M_s * \frac{\%Na_2O_{ttl}}{\%SiO_2_{ttl}}\right)$	14,16 kg
Thủy tinh lỏng (dd)	m <sub>ttl</sub>	$M_s * m_{CKD} * \frac{\%Na_2O}{\%SiO_2_{ttl}}$	90,75 kg
Nước (thêm)	m <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	N - m <sub>ttl</sub> * %H <sub>2</sub> O <sub>ttl</sub>	109 lít

f. Xác định lượng đá dăm (Đ)

- Xác định thể tích hồ xi măng

$$V_h = \frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{xút}}{\gamma_{axút}} + \frac{m_{ttl}}{\gamma_{attl}} + \frac{m_{H2O}}{\gamma_{aH2O}}$$

$$V_h = \frac{210}{2,24} + \frac{140}{2,85} + \frac{14.16}{2,13} + \frac{90.75}{1,45} + \frac{109}{1,0}$$

$$= 321(\text{lít})$$

Trong đó :

$m_{FA}$ ,  $m_{BFS}$ ,  $m_{xút}$ ,  $m_{ttl}$ ,  $m_{H2O}$  - Khối lượng của tro bay, xỉ lò cao, xút vảy (NaOH), dung dịch thủy tinh lỏng ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), lượng nước thêm trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông (kg);

$\gamma_{aFA}$ ,  $\gamma_{aBFS}$ ,  $\gamma_{axút}$ ,  $\gamma_{attl}$ ,  $\gamma_{aH2O}$  - Khối lượng riêng của tro bay, xỉ lò cao, xút vảy (NaOH), dung dịch thủy tinh lỏng ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), nước (kg/lít)

- Xác định hệ số dư vữa hợp lý  $K_d$ :

Với mô đun độ lớn của cát  $M_{dl}=2,6$ , thể tích hồ xi măng  $V_h=321$  lít, tra bảng 3 [1], ta có hệ số dư vữa hợp lý  $K_d=1,659$  đã chú ý đến phân ghi chú.

- Xác định lượng cốt liệu lớn (Đ)

Lượng cốt liệu lớn (Đ) được xác định theo công thức:

$$\text{Đ} = \frac{\gamma_{oĐ}}{r_d(k_d - 1) + 1}$$

$$\text{Đ} = \frac{1390}{48\% \times (1,659 - 1) + 1} = 1055(\text{kg})$$

Trong đó:

Đ - Hàm lượng cốt liệu lớn (đá dăm) có trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông (kg)

$\gamma_{oĐ}$ ,  $\gamma_{aĐ}$  - Khối lượng thể tích xốp và khối lượng riêng của đá (kg/lít);

$r_d$  - Độ rỗng của đá (%);

$K_d$  - Hệ số dư vữa hợp lý.

g. Xác định lượng cát (C):

$$C = \left[ 1000 - \left( \frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{DDHH}}{\gamma_{aDDHH}} + \frac{\text{Đ}}{\gamma_{aĐ}} \right) \right] \cdot \gamma_{aC}$$

Hoặc:

$$C = \left[ 1000 - \left( V_h + \frac{\text{Đ}}{\gamma_{aĐ}} \right) \right] \cdot \gamma_{aC}$$

$$C = \left[ 1000 - \left( 321 + \frac{1055}{2,68} \right) \right] \times 2,63$$

$$= 751(\text{kg})$$

Trong đó:

C - Hàm lượng cốt liệu nhỏ (cát) có trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông (kg)

$\gamma_{aC}$  - Khối lượng riêng của cát (kg/lít);

$V_h$  - Thể tích hồ xi măng (lít).

h. Lập 3 thành phần định hướng

**Bảng 4: Thành phần cấp phối bê tông tính toán**

Thành phần bê tông	Thành phần vật liệu cho $1 \text{ m}^3$ bê tông (kg)						
	Cát (khô)	Đá dăm	Xi lò cao	Tro bay	dd thủy tinh lỏng	Xút vảy	Nước (thêm)
Thành phần 1 - cơ sở	751	1055	140,0	210,0	90,75	14,16	108,7
Thành phần 2 - Giảm 5% tro xỉ	766	1060	133,0	199,5	86,21	13,45	111,7
Thành phần 3 - Tăng 5% tro xỉ	735	1050	147,0	220,5	95,29	14,87	105,8

i. Lựa chọn thành phần cấp phối thông qua trộn thử

Điều chỉnh cấp phối theo độ ẩm, với độ ẩm của cát 3%, độ ẩm của đá 0%. Tiến hành trộn thử cho kết quả nén  $R_{28}$  như sau:

**Bảng 5: Kết quả thí nghiệm lựa chọn thành phần cấp phối thi công thử nghiệm**

Thành phần bê tông	Thành phần vật liệu cho 1m <sup>3</sup> bê tông (kg)							R28 (Mpa)
	Cát	Đá dăm	Xi lò cao	Tro bay	dd thủy tinh lỏng	Xút vẩy	Nước (thêm)	
<b>Thành phần 1 - cơ sở</b>	<b>751</b>	<b>1055</b>	<b>140,0</b>	<b>210,0</b>	<b>90,75</b>	<b>14,16</b>	<b>86,7</b>	<b>54,8</b>
Thành phần 2 - Giảm 5% tro xỉ	766	1060	133,0	199,5	86,21	13,45	89,1	48,7
Thành phần 3 - Tăng 5% tro xỉ	735	1050	147,0	220,5	95,29	14,87	84,3	57,1

Vậy, chọn thành phần 1 là thành phần cấp phối thiết kế để thi công hiện trường.

### 3. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI THỰC TẾ TẠI HIỆN TRƯỜNG VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tổ chức thi công tại hiện trường

##### a. Đúc cấu kiện bê tông đúc sẵn

- Cấu kiện bê tông lục lăng được đúc tại bãi đúc;



Hình 1: Chế tạo cấu kiện bê tông

- Thiết bị trộn vữa bao gồm: 01 thùng khuấy chất hoạt hóa (NaOH và Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>); 01 máy trộn bê tông kiểu cưỡng bức. Nguyên lý hoạt

động của hệ thống thiết bị: Chất hoạt hóa sẽ được khuấy trộn trong thùng khuấy hóa chất để đạt được dung dịch đồng nhất, sau đó dung dịch hóa chất qua hệ thống bơm được bơm lên bình kiểm soát trọng lượng sau đó xả vào thùng trộn bê tông trộn đều với tro, xỉ và cốt liệu trong khoảng 150 giây. Cuối cùng hỗn hợp bê tông sẽ được kiểm tra độ sụt và đúc cấu kiện như bê tông thông thường.

- Khuôn đúc được chế tạo bằng thép, đảm bảo đúng kích thước hình học của cấu kiện bê tông.

##### b. Lắp đặt cấu kiện

- Sau khi đổ bê tông hệ khung dầm, tiến hành rải lớp đá dăm 1x2cm chiều dày 15,0cm lên mái kè cũ, san gạt đá dăm tạo phẳng, rải lớp vải địa kỹ thuật lên trên sau đó lắp đặt cấu kiện bê tông lục lăng. Do điều kiện thi công bị ảnh hưởng bởi thủy triều, nên cần phải tính toán lắp đặt hoàn thiện các cấu kiện bê tông lục lăng trong khung bê tông trong một buổi thi công.

- Trình tự lắp đặt cục bê tông từ phía chân kè lên đến đỉnh kè. Việc lắp đặt phải đảm bảo lát kín từng phần trong từng ô trong khung bê tông. Lắp đặt các cấu kiện lục lăng được tiến hành bằng thủ công.



Hình 2: Lắp đặt cấu kiện tại hiện trường



Hình 3: Công trình thử nghiệm sau khi hoàn thành

### 3.2. Kết quả thí nghiệm mẫu bê tông hiện trường

Trong quá trình thi công, đề tài triển khai lấy mẫu thí nghiệm thường xuyên để xác định các chỉ tiêu cơ, lý thực tế tại hiện trường, làm căn cứ để điều chỉnh các quy trình công nghệ và phương pháp tính toán cấp phối, như lấy mẫu

thí nghiệm độ lưu động, tách nước, thời gian đông kết của hỗn hợp bê tông, thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông, v.v... Trong khuôn khổ bài báo này tác giả chỉ trình bày kết quả thí nghiệm độ lưu động và cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày với tần suất thí nghiệm 1 lần/ngày. Kết quả được trình bày trong bảng 6 dưới đây:

Bảng 6: Kết quả thí nghiệm hiện trường

STT	Ngày đúc mẫu - Sampling date	Ký hiệu mẫu	Độ sụt slump (mm)	Cường độ nén trung bình (R28) MPa
1	25/4/2020	M1	17	47,4
2	26/4/2020	M2	20	51,0
3	27/4/2020	M3	16	48,0
4	28/4/2020	M4	21	49,0
5	29/4/2020	M5	18	47,4
6	30/4/2020	M6	19	46,2
7	1/5/2020	M7	22	46,9

STT	Ngày đúc mẫu - Sampling date	Ký hiệu mẫu	Độ sụt slump (mm)	Cường độ nén trung bình (R28) MPa
8	2/5/2020	M8	16	47,3
9	3/5/2020	M9	17	47,1
10	4/5/2020	M10	21	46,6
11	5/5/2020	M11	20	47,6
12	6/5/2020	M12	22	47,2
13	7/5/2020	M13	18	48,7
14	8/5/2020	M14	21	47,6
15	9/5/2020	M15	16	48,1
16	10/5/2020	M16	18	48,3
17	11/5/2020	M17	20	47,7
18	12/5/2020	M18	17	46,5
19	13/5/2020	M19	19	47,8
20	14/5/2020	M20	21	48,1
21	15/5/2020	M21	18	46,6
22	16/5/2020	M22	20	47,0
23	17/5/2020	M23	17	48,9
24	18/5/2020	M24	19	47,2
25	19/5/2020	M25	18	47,8
26	20/5/2020	M26	22	47,0
27	21/5/2020	M27	16	49,5
28	22/5/2020	M28	19	47,5
29	23/5/2020	M29	17	47,0
30	24/5/2020	M30	21	46,7
31	25/5/2020	M31	20	47,2
32	26/5/2020	M32	17	47,2
33	27/5/2020	M33	18	46,4
34	28/5/2020	M34	20	48,4
35	29/5/2020	M35	19	47,1
36	30/5/2020	M36	17	46,7
37	31/5/2020	M37	16	46,9
38	1/6/2020	M38	16	47,1
39	2/6/2020	M39	19	47,1
40	3/6/2020	M40	21	46,5
41	4/6/2020	M41	20	47,0
42	5/6/2020	M42	18	46,8
43	6/6/2020	M43	18	47,2
44	7/6/2020	M44	20	46,8
45	8/6/2020	M45	19	47,5
46	9/6/2020	M46	21	47,5
47	10/6/2020	M47	17	47,5
48	11/6/2020	M48	16	48,9

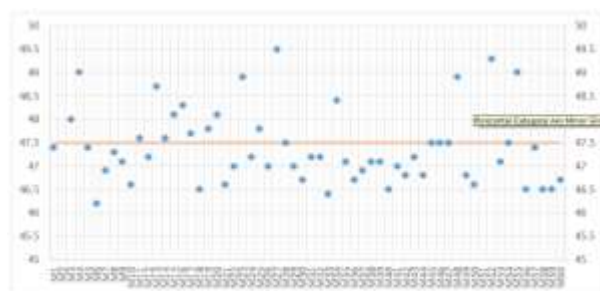


STT	Ngày đúc mẫu - Sampling date	Ký hiệu mẫu	Độ sụt slump (mm)	Cường độ nén trung bình (R28) MPa
49	12/6/2020	M49	22	46,8
50	13/6/2020	M50	18	46,6
51	14/6/2020	M51	18	48,0
52	15/6/2020	M52	19	49,3
53	16/6/2020	M53	21	47,1
54	17/6/2020	M54	20	47,5
55	18/6/2020	M55	17	49,0
56	19/6/2020	M56	16	46,5
57	20/6/2020	M57	21	47,4
58	21/6/2020	M58	22	46,5
59	22/6/2020	M59	19	46,5
60	23/6/2020	M60	20	46,7
	<b>Trung bình</b>			<b>47,5</b>

### 3.3. Thảo luận

Công trình thử nghiệm ứng dụng bê tông CKD KHH được tính toán và triển khai thi công dựa trên các dự thảo quy trình công nghệ do 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 xi măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường”. Các kết quả nghiên cứu, thí nghiệm ban đầu tại hiện trường cho thấy:

Để đảm bảo điều kiện thi công tại hiện trường, hỗn hợp bê tông cần đảm bảo độ sụt từ 16-20cm, giá trị này cao hơn nhiều so với bê tông xi măng thông thường (6-8cm) tuy nhiên thực tế tính công tác lại gần như tương đương (thể hiện qua công năng đầm hỗn hợp), sở dĩ có sự khác biệt này là do bê tông CKD KHH có hàm lượng chất hoạt hóa cao làm cho hỗn hợp bê tông có độ nhớt cao hơn, dẫn đến hỗn hợp bê tông chặt và khó thi công hơn so với bê tông xi măng thông thường nếu ở cùng một độ sụt. Hỗn hợp bê tông CKD KHH tuy có độ sụt cao nhưng không xảy ra hiện tượng tách nước, phân tầng, chất lượng bê tông đồng đều.



Hình 4: Sự biến động cường độ bê tông hiện trường

Hình 4 thể hiện sự biến động cường độ bê tông hiện trường của 60 tổ mẫu so với giá trị cường độ trung bình. Giá trị trung bình của từng tổ mẫu không nhỏ hơn mức thiết kế (45MPa) và không có mẫu nào trong các tổ mẫu có cường độ dưới 85% mức thiết kế. Như vậy, theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453-1995 [7], chất lượng bê tông hiện trường đạt yêu cầu thiết kế. Mặt khác, cường độ chịu nén trung bình của các mẫu bê tông đúc tại hiện trường đạt 47,5MPa, cao hơn không nhiều (khoảng 5,5%) so với tính toán thiết kế (45MPa), điều đó cho thấy các hệ số thực nghiệm trong công thức (1) và quy trình chế tạo, thi công bê tông CKD KHH trong dự thảo quy trình hướng dẫn là hợp lý, có thể dùng để tính toán thành phần cấp phối bê tông và tổ chức thi công thực tế.

Độ lệch chuẩn và hệ số biến động của cường độ

bê tông hiện trường được xác định theo công thức (2) và (3).

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R}_n)^2}{n-1}} = 0,91 \text{ (MPa)} \quad (2)$$

$$v = \frac{S_n}{\bar{R}_n} \times 100 = 1,92\% \quad (3)$$

trong đó:  $S_n$  là độ lệch chuẩn cường độ của  $n$  tổ mẫu (MPa);  $v$  là hệ số biến động của cường độ bê tông hiện trường (%);  $R_i$  là cường độ nén của tổ mẫu thứ  $i$  (MPa);  $\bar{R}_n$  là cường độ nén trung bình của  $n$  tổ mẫu, ở đây  $\bar{R}_n = 47,5$  (MPa);  $n$  là số lượng tổ mẫu, ở đây  $n=60$  tổ mẫu.

Kết quả tính toán độ lệch chuẩn và hệ số biến động của cường độ bê tông hiện trường lần lượt bằng 0,91MPa và 1,92% cho thấy tuy trong điều kiện thi công khó khăn, trộn, đổ bê tông bằng thủ công nhưng chất lượng bê tông CKD KHH khá đồng đều và ổn định. Điều này có thể do quy mô công trình nhỏ, thời gian thi công ngắn, vật liệu được nhập một lần nên có chất lượng tương đối đồng đều, ngoài ra việc tổ chức thi công được tuân thủ nghiêm ngặt theo quy trình thi công đã góp phần không nhỏ nâng cao chất lượng và sự đồng đều của bê tông hiện trường.

Bên cạnh đó, để kiểm soát chất lượng bê tông có kể đến hệ số biến động, L.Taerwe [8] đề xuất tiêu chí theo công thức (4) như sau:

$$\bar{R}_n \geq R_{yc} + \lambda \times S_n \quad (4)$$

trong đó:  $R_{yc}$  là cường độ bê tông yêu cầu tương ứng với mức bê tông thiết kế, ở đây  $R_{yc}=45$  MPa;  $\lambda$  là hệ số được tra theo bảng 7, với số lượng tổ mẫu  $n=60$ , chọn  $\lambda=1,318$  (thiên về an toàn).

Kết quả tính toán theo công thức (4) cho thấy cường độ nén trung bình của bê tông hiện trường  $\bar{R}_n$  bằng 47,5MPa lớn hơn giá trị cường độ yêu cầu có xét đến biến động cường độ bê tông ( $R_{yc} + \lambda \times S_n$ ) bằng 46,2MPa.

Như vậy, có thể kết luận, bê tông hiện trường đáp ứng được yêu cầu thiết kế, theo các tiêu chí của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453:1995 cũng như theo tiêu chí đánh giá chất lượng bê

tông có xét đến hệ số biến động.

**Bảng 7: Bảng tra hệ số  $\lambda$  theo L.Taerwe [8]**

Số lượng tổ mẫu, n	Hệ số $\lambda$ khi các giá trị là	
	độc lập	tự tương quan
3	1,753	2,67
4	1,513	2,20
5	1,424	1,99
6	1,379	1,87
7	1,353	1,77
8	1,339	1,72
9	1,330	1,67
10	1,325	1,62
11	1,321	1,58
12	1,320	1,55
13	1,319	1,52
14	1,319	1,50
15	1,318	1,48

#### 4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu, ứng dụng thử nghiệm bê tông CKD KHH để thi công các cấu kiện lát mái bảo vệ đê biển tại hiện trường bước đầu cho thấy tính khả thi về mặt công nghệ của việc sử dụng loại bê tông này cho các cấu kiện bảo vệ bờ biển, kè biển trong điều kiện Việt Nam. Cụ thể là:

1. Về mặt công nghệ, chúng ta hoàn toàn có thể chủ động được phương pháp tính toán, trang thiết bị, quy trình công nghệ sản xuất, thi công và kiểm soát chất lượng bê tông;
2. Về chất lượng, qua các kết quả thí nghiệm ban đầu cho thấy chất lượng hỗn hợp bê tông và bê tông CKD KHH tốt, độ ổn định và đồng đều cao, các chỉ tiêu cơ lý đạt yêu cầu dùng cho bê tông thủy công.
3. Với việc sử dụng hàm lượng tro, xỉ lớn sẽ góp phần không nhỏ vào việc giải quyết vấn đề môi trường do xả thải của các nhà máy nhiệt điện và luyện kim hiện nay ở nước ta.

Tuy nhiên đây mới là công trình thử nghiệm đầu tiên và các kết quả nghiên cứu, thí nghiệm mới

chỉ ở giai đoạn ban đầu, do vậy cần tiếp tục mở rộng nghiên cứu thử nghiệm trên các công trình khác và theo dõi sự ổn định chất lượng của bê tông theo thời gian để có những kết luận chính xác hơn về phẩm chất và điều kiện áp dụng loại bê tông này.

#### 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 xi 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] Báo cáo chuyên đề 4.2 “Nghiên cứu cơ sở lý thuyết đề xuất phương pháp tính toán thành phần cấp phối bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao”
- [2] Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo QĐ số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/9/1998 của Bộ Xây dựng
- [3] Báo cáo chuyên đề 6.1. Nghiên cứu xây dựng quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao.
- [4] Báo cáo chuyên đề 6.2. Nghiên cứu xây dựng quy trình thí nghiệm bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao.
- [5] Báo cáo chuyên đề 6.3. Nghiên cứu xây dựng quy trình thi công bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao.
- [6] Báo cáo chuyên đề 6.4. Nghiên cứu xây dựng quy trình nghiệm thu bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao.
- [7] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453:1995, “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu”.
- [8] L. Taerwe, “Evaluation of compound compliance criteria for concrete strength”, *Materials and Structures*, 1988, 21, 13-20.