

# Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến cường độ và co ngót của bê tông hạt nhỏ

■ TS. NGUYỄN ĐÌNH HẢI; TS. TRẦN ANH TUẤN

*Trường Đại học Giao thông vận tải*

**TÓM TẮT:** Nghiên cứu này trình bày nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế xi măng đến cường độ và co ngót của bê tông hạt nhỏ (BTHN), các yếu tố về hàm lượng tro bay thay thế và ngày tuổi của bê tông sẽ được xét đến trong nghiên cứu này. Các tính chất về cường độ và co ngót của bê tông sẽ được nghiên cứu với các hàm lượng tro bay thay thế là 10, 20 và 30%. Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, biến dạng co ngót của bê tông cát giảm khi hàm lượng tro bay thay thế tăng ở các ngày tuổi (2, 3, 5, 7 ngày) tương tự cường độ chịu nén và kéo khi uốn của bê tông cũng giảm khi hàm lượng tro bay thay thế tăng. Ở 14, 28 và 56 ngày tuổi ta thấy rằng, với hàm lượng tro bay thay thế là 20% là tối ưu nhất để biến dạng co ngót là nhỏ nhất.

**TỪ KHÓA:** Tro bay, bê tông hạt nhỏ, cường độ, co ngót.

**ABSTRACT:** This paper presents an experimental investigation on the strength properties and shrinkage property of sand concrete specimens by partially replacing cement by fly ash in different proportions, the content level and curing age were considered in this experiment. The strength and shrinkage properties of Fine Grained Concrete has been studied using the different mixes with 10 percent, 20 percent and 30% of the portland cement is replaced with fly ash. From the test results of the above investigation it can be concluded that the shrinkage strain of Sand Concrete decreases with increase in fly ash content at ages of (2, 3, 5, 7 days), similarly the compressive and flexural strength of specimens decreases gradually due to the reduction of cement hydration products at the age of 28 days. At the age of 14, 28 and 56 days it was found that 20% fly ash is the optimum content for minimum shrinkage strain.

**KEYWORDS:** Fly ash, sand concrete, strength properties, shrinkage.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông xi măng là một loại vật liệu được sử dụng rất rộng rãi trong xây dựng các công trình xây dựng nói chung và dân dụng nói riêng. Các tính chất của bê tông xi măng đã được nghiên cứu một cách đầy đủ như tính công tác,

cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn... để sử dụng cho mục đích thiết kế các công trình nhằm đảm bảo các yêu cầu về chịu lực. Tuy nhiên, trên thực tế, ngoài các tính chất cơ bản kể trên, bê tông còn có thể bị suy thoái bởi nhiều nguyên nhân khác như tấn công hóa học, nhiệt độ cao, co ngót, từ biến... [1,2,3].

Như ta đã biết, hiện tượng co ngót luôn xảy ra trong bê tông ngay sau khi đổ, trong suốt quá trình đóng rắn và sau khi đã hóa rắn [3,12,13]. Các tác hại của co ngót đã được ghi nhận như gây ra các ảnh hưởng xấu cho công trình như làm bê tông xuất hiện vết nứt giảm khả năng chịu lực, giảm khả năng bảo vệ tạo điều kiện cho các yếu tố xâm thực tấn công cốt thép... Đặc biệt, trong quá trình đóng rắn, co ngót của bê tông sẽ gây nứt bê tông và thậm chí gây hư hại cho kết cấu [2,3], ví dụ như hiện tượng co ngót cột trong nhà cao tầng và siêu cao tầng gây ảnh hưởng lớn đến các cấu kiện chịu lực ngang như hệ dầm sàn.

Ngày nay, BTHN ngày càng được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi tại nước ta do các ưu điểm về kinh tế - xã hội cũng như kỹ thuật mà nó mang lại [4]. Ảnh hưởng của tro bay đến tính chất cơ học và một số tính chất liên quan đến độ bền của loại bê tông này đã được nghiên cứu tương đối đầy đủ [1,4], tuy nhiên do kích thước cốt liệu của loại bê tông nhỏ hơn so với bê tông truyền thống nên hiện tượng co ngót xảy ra với loại bê tông này thông thường bất lợi hơn. Do vậy, nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến co ngót của bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là hết sức có ý nghĩa.

Nghiên cứu này được trình thành 4 phần: Phần 2 trình bày các vật liệu chế tạo và phương pháp thí nghiệm, phần 3 trình bày phương pháp thiết kế thành phần bê tông và các thực nghiệm xác định tính chất của BTHN các quy trình thực nghiệm, các kết quả thực nghiệm sẽ được minh họa bằng các biểu đồ và bình luận ở phần 4, phần cuối cùng tác giả sẽ đưa ra một số kết luận và kiến nghị.

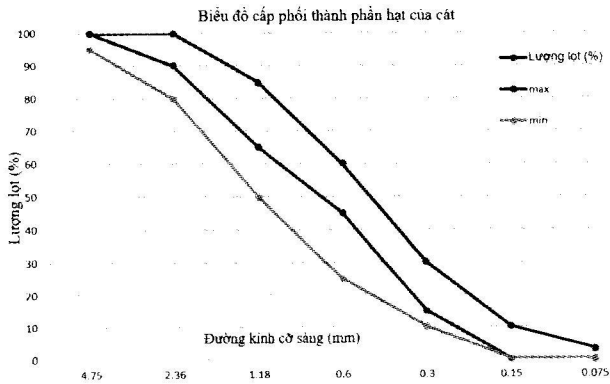
## 2. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu chế tạo

Vật liệu được dùng trong nghiên cứu gồm:

- Xi măng poóc-lăng Bút Sơn PC40 thỏa mãn TCVN [11];
- Cát vàng sông Lô có thành phần hạt thỏa mãn Tiêu chuẩn ASTM C33 [5] (Hình 2.1);
- Tro bay Phả Lại loại F có các yêu cầu kỹ thuật thỏa mãn TCVN 10302 :2014 [7];

- Bột đá vôi của Công ty Tone Base;
- Nước sử dụng để nhào trộn bê tông đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật quy định trong TCVN 4506-2012 [6];
- Phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxilat R209.



Hình 2.1: Đường biểu diễn thành phần hạt của cát

### 2.2. Thiết kế thành phần

Thành phần BTHN được thiết kế dựa trên phương pháp độ đặc tuyệt đối của Caquot [4] và được trình bày vẫn tắt lại như sau:

Theo Caquot thể tích rỗng  $v$  của hỗn hợp cốt liệu phụ thuộc vào độ trải dài cấp phối:

$$v = v_0(d/D)^{0.2} \quad (1)$$

Thể tích hạt mịn ( $<75 \mu\text{m}$ ):  

$$v = 0,75 * (0,075/D)^{0.2} \text{ (% thể tích)} \quad (2)$$

Ta cần tìm thể tích tối ưu hạt mịn để lấp đầy lỗ rỗng này.

Để đơn giản khi tính toán, kí hiệu [hạt mịn] là tổng thể tích các hạt có đường kính nhỏ hơn  $75 \mu\text{m}$  và [v] thể tích lỗ rỗng còn lại của khung hạt kể cả cát và hạt mịn (sau khi đã lấp một phần hạt mịn):

$$[\text{hạt mịn}] = [v] \quad (3)$$

với  $[\text{hạt mịn}] + [v] = v$

Kết hợp (2) và (3) ta được thể tích tối ưu hạt mịn:

$$[\text{hạt mịn}] = 0,375 (0,075/D)^{0.2} \text{ (% thể tích)} \quad (4)$$

Độ rỗng và lượng nước trong bê tông cát:  

$$[[N]+vkk]_{\text{min}} = 0,75(d_1/D)^{0.2} \quad (5)$$

Thể tích cát được xác định như sau:  

$$[\text{cát}] = 1 - [\text{hạt mịn}] - [N] - vkk \text{ (m}^3) \quad (6)$$

Tỷ lệ nước/xi măng được xác định thông qua bảng tra theo ACI 318.

Hàm lượng xi măng:  

$$X = 1000 * \frac{\rho_x([N] + vkk)}{\left(\sqrt{\frac{K_F \cdot X}{R_{28}} - 1}\right) (1 + k_1 + k_2)} \text{ (kg)} \quad (7)$$

Hàm lượng chất độn mịn là:  

$$B = 1000 * \rho_B * \left([\text{hạt mịn}] - \frac{X}{\rho_x}\right) \text{ (kg)} \quad (8)$$

Hàm lượng nước là:  

$$N = 1000 * \frac{v_0 \left(\frac{d_1}{D}\right)^{0.2}}{1 + k_3} \text{ (lít)} \quad (9)$$

Phụ gia hóa học cho bê tông cát lấy theo hướng dẫn của nhà chế tạo.

Hàm lượng cát cho bê tông là:  

$$C = 1000 (1 - [\text{hạt mịn}] - [N] - vkk) \cdot \rho_C \text{ (kg)} \quad (10)$$

- Trong đó:
- $d/D$  - Độ trải dài cấp phối;
  - $d_1/D$  - Độ trải dài cấp phối kể cả hạt mịn;
  - $v_0$  - Hằng số thực nghiệm 0,7 - 0,8;
  - $D$  - Tương ứng với đường kính có lượng sót tích lũy 10% cốt liệu;
  - $d$  - Tương ứng với đường kính có lượng sót tích lũy 90% cốt liệu;
  - $k_3$  - Hệ số lấy trong khoảng 0,20 - 0,25;
  - $k_1$  - Hệ số puzolan;
  - $k_2$  - Hệ số hoạt tính của bột đá vôi;
  - $K_F$  - Hệ số cốt liệu (4,5 - 5).
- Từ các tính toán kết hợp với thực nghiệm nghiên cứu để xuất 4 công thức cấp phối của BTHN với hàm lượng tro bay thay thế xi măng khác nhau ở Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thành phần vật liệu cho  $1 \text{ m}^3$  hỗn hợp bê tông

Các cấp phối	Hàm lượng tro bay (%)	N/CKD	Nước (lít)	Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Bột đá (kg)	Phụ gia R209 (kg)	Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> )
ĐC	0	0,455	182	400	0	1485	250	8	2352
CP1	10	0,455	182	360	40	1474	250	8	2314
CP2	20	0,455	182	320	80	1463	250	8	2303
CP3	30	0,455	182	280	120	1453	250	8	2293

### 2.3. Phương pháp thực nghiệm

Tính công tác của hỗn hợp BTHN được xác định bằng độ chảy lan của mẫu vữa qua côn mini theo TCVN 3121 [9]. Cường độ chịu kéo khi uốn của BTHN được xác định theo TCVN 3121 với các mẫu lăng trụ hình chữ nhật có kích thước  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$  [9].

Cường độ chịu nén của BTHN được xác định theo TCVN 3121 [9] với các nửa mẫu bê tông thu được sau khi bị uốn gãy. Biến dạng co ngót của các mẫu BTHN được xác định theo [12,13].

Các mẫu co ngót được đúc vào các khuôn có kích thước  $25 \times 25 \times 285 \text{ mm}$  và có 2 chốt bằng đồng gắn ở hai đầu mẫu thử. Độ co ngót của bê tông được đo bằng Indicator với độ chính xác tới  $0,001 \text{ mm}$ , giá lắp thanh chuẩn như trên Hình 2.2. Sau khi đúc mẫu được 24h thì tháo mẫu ra khỏi khuôn, đánh dấu đầu trên và đầu dưới của các mẫu để thống nhất lắp mẫu vào giá đo theo đúng thứ tự này đối với tất cả các lần đo.

Trước khi đo, tiến hành lắp thanh chuẩn vào giá đo sau đó kiểm tra sao cho trục thanh chuẩn trùng với trục của giá đo rồi

chính đồng hồ trên Indicator về trị số 0. Mẫu bê tông đặt ở tư thế thẳng đứng, việc giá lắp đầu đồng hồ đảm bảo tiếp xúc ổn định giữa đầu đo và chốt đồng hồ trên mẫu. Tiến hành ghi số đo đầu tiên trên từng mẫu thử. Các số đo được tính từ lần đo đầu tiên, sau 2, 3, 5, 7, 14, 28 và 56 ngày. Theo công thức sau:

$$\epsilon_{sh} = \frac{\Delta l_{sh}}{l}$$

Trong đó:

$\Delta l_{sh}$  - Chênh lệch chiều dài giữa các chốt đo của mẫu tại thời điểm t so với ban đầu tính bằng mm, được xác định như sau:

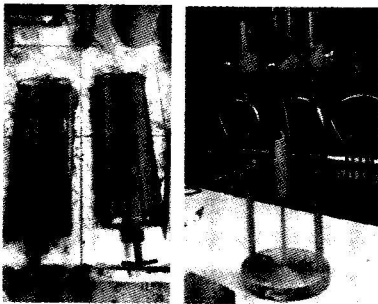
$$\Delta l_{sh} = \frac{c_t - c_0}{k}$$

$c_0$  - Số đọc trên đồng hồ đo của Indicator tại thời điểm ban đầu;

$c_t$  - Số đọc trên đồng hồ đo ở thời điểm t (ngày);

k - Hệ số khuếch đại của dụng cụ đo, k = 1000;

l - Khoảng cách giữa các chốt đo, l = 285 mm.



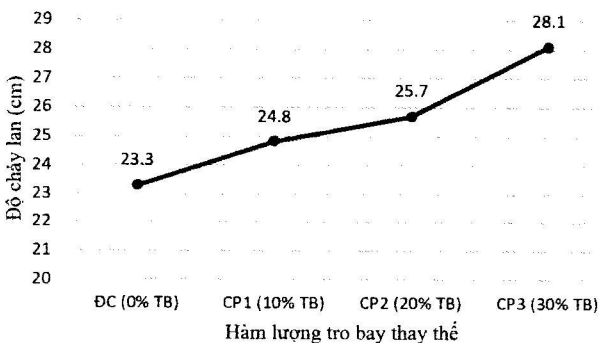
Hình 2.2: Khuôn và Indicator dùng để xác định co ngót của các mẫu bê tông

Biến dạng co ngót của bê tông tại thời điểm t là trung bình cộng của các kết quả đo trên các mẫu của các tổ mẫu.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến tính công tác của hỗn hợp BTHN

Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến tính công tác (thể hiện bằng độ chảy lan của hỗn hợp BTHN) được biểu diễn ở đồ thị Hình 3.1.

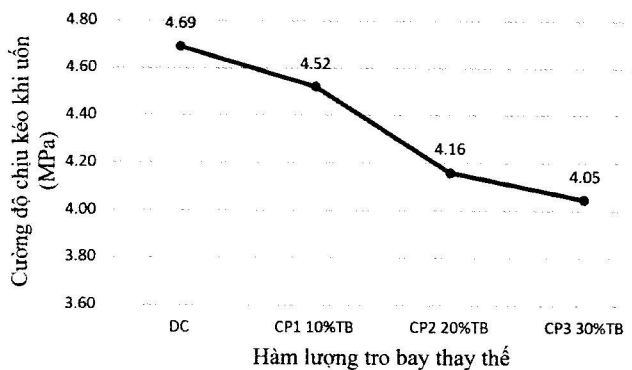


Hình 3.1: Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến tính công tác của hỗn hợp BTHN

Quan sát các kết quả thực cho thấy, khi hàm lượng tro bay càng tăng thì tính công tác của hỗn hợp BTHN được cải thiện so với mẫu đối chứng cụ thể: Khi thay thế xi măng bởi 10, 20 và 30% tro bay thì độ chảy lan tăng lần lượt là 6,44%, 10,3% và 20,6%. Hiện tượng này có thể lý giải bởi dạng hình cầu của các hạt tro bay làm giảm ma sát giữa các hạt, hơn nữa khả năng hoạt hóa của tro bay thấp hơn so với xi măng, vì thế ở thời điểm ban đầu lượng nước dùng để bôi trơn sẽ tăng, do vậy tăng tính công tác của hỗn hợp sẽ được cải thiện.

#### 3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến cường độ chịu nén và kéo khi uốn của BTHN

Các kết quả thực nghiệm ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến Rku và Rn ở 28 ngày tuổi của BTHN được biểu diễn ở các biểu đồ Hình 3.2 và 3.3 dưới đây:

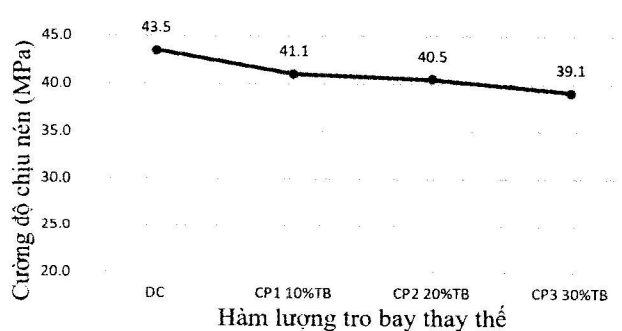


Hình 3.2: Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở 28 ngày tuổi

Các kết quả thực nghiệm biểu diễn trên Hình 3.2 cho thấy, Rku của các mẫu bê tông sử dụng tro bay giảm dần theo hàm lượng tro bay sử dụng, khi hàm lượng tro bay thay thế đạt 30% thì Rku giảm khoảng 15%, khi chỉ thay thế 20% tro bay thì Rku giảm khoảng 10% so với mẫu đối chứng.

Quan sát biểu đồ Hình 3.3 có thể nhận thấy, khi thay thế xi măng bởi tro bay thì Rn của bê tông ở 28 ngày tuổi có xu hướng giảm, tuy nhiên không quá lớn cụ thể khi so với cường độ chịu nén của mẫu đối chứng Rn của CP1 giảm 5,7%; CP3 với hàm lượng tro bay thay thế xi măng là 30% giảm đi 10,17%.

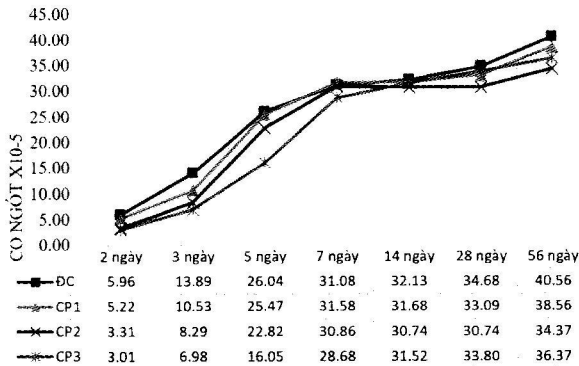
Các kết quả thực nghiệm thu được có thể thấy hàm lượng tro bay thay thế dưới 30% ảnh hưởng không quá lớn đến giá trị cường độ chịu nén trung bình của bê tông xi măng sử dụng tro bay.



Hình 3.3: Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến cường độ chịu nén của bê tông ở 28 ngày tuổi

### 3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến co ngót của BTHN

Các giá trị thực nghiệm ảnh hưởng hàm lượng tro bay thay thế đến độ co ngót của BTHN theo ngày tuổi được biểu diễn bởi đồ thị Hình 3.4 dưới đây:



Hình 3.4: Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay thay thế đến co ngót ( $\times 10^{-5}m$ ) của BTHN theo ngày tuổi

Quan sát các kết quả thực nghiệm co ngót của bê tông ở 2, 3, 5, 7 ngày tuổi cho thấy, co ngót của các cấp phối bê tông giảm khi hàm lượng tro bay thay thế tăng, điều này có thể lý giải bởi mức độ trợ nước của tro bay so với xi măng ở tuổi sớm, xi măng sẽ phản ứng với nước mãnh liệt hơn tro bay. Tuy nhiên, các giá trị nghiên cứu co ngót đo được ở các mẫu bê tông ở 14, 28 và 56 ngày tuổi cho thấy, khi hàm lượng tro bay thay thế là 20% thì giá trị co ngót đo được lại là nhỏ nhất so với các mẫu ĐC và CP3.

### 4. KẾT LUẬN

Báo cáo đã thực hiện các nghiên cứu lý thuyết về thiết kế thành phần cấp phối hỗn hợp BTHN có sử dụng tro bay thay thế xi măng làm CKD, đã thực nghiệm chế tạo các hỗn hợp BTXM và thay thế xi măng bởi các hàm lượng tro bay khác nhau lần lượt là 10, 20 và 30%.

Các kết quả thực nghiệm xác định tính công tác, cường độ chịu kéo khi uốn và nén của các cấp phối bê tông ở 28 ngày tuổi chỉ ra rằng, tro bay thay thế có ảnh hưởng tích cực đến tính công tác của hỗn hợp bê tông, tuy nhiên khi hàm lượng tro bay thay thế tăng thì Rku và Rn của BT sẽ giảm xuống, mức giảm đối với 30% tro bay thay thế với Rku là khoảng 15% và Rn giảm khoảng 10% so với BT đối chứng.

Kết quả thực nghiệm xác định co ngót của BT chỉ ra rằng, ở các ngày tuổi sớm 2, 3, 7 và 14 ngày, khi hàm lượng tro bay càng tăng thì co ngót của bê tông càng giảm, tuy nhiên ở các ngày tuổi 28, 56 thì co ngót thấp nhất ghi nhận ở CP2 với 20% tro bay thay thế chứ không phải CP3 với 30% tro bay thay thế.

Cần tiến hành thêm các nghiên cứu về cường độ của BTHN có sử dụng tro bay ở các ngày tuổi xa hơn như 56, 90 ngày tuổi cũng như với các hàm lượng tro bay thay thế như 5, 10, 15%. Các nghiên cứu về co ngót cần thực hiện thêm các thực nghiệm ở những giờ đầu tiên và sau thời gian lâu hơn như 96 ngày, 120 ngày và 365 ngày tuổi để có thể đánh giá tổng quan hơn về ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến co ngót của BTHN.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT cho đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường mã số T2021-XD-008.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. D. H. Phạm, V. Đ. Đào, D. A. Phạm, T. D. Nguyễn, Đ. H. Nguyễn (2018), *Vật liệu mới trong xây dựng công trình giao thông*, Xuất bản lần 1, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [2]. D. H. Phạm, V. Đ. Đào, D. A. Phạm, T. S. Nguyễn, Đ. L. Mai (2011), *Công nghệ bê tông và kết cấu bê tông*, Xuất bản lần 1, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [3]. D. H. Phạm, T. T. Trần, K. C. Thái, V. D. Đào, T. S. Nguyễn (2018), *Thiết kế kết cấu theo độ bền*, Xuất bản lần 1, 2011, Hà Nội.
- [4]. TS. Nguyễn (2005), *Nghiên cứu thành phần, cường độ của bê tông sử dụng cát mịn làm đường*, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.
- [5]. ASTM C33/C33M - 18 (2016), *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- [6]. Bộ Xây dựng (2012), *TCVN 4506 - Nước trộn bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [7]. Bộ Xây dựng (2014), *TCVN 10302 - Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông và vữa xây dựng, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [8]. Bộ Xây dựng (2012), *TCVN 4506 - Nước trộn bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [9]. Bộ Xây dựng (2003), *TCVN 3121 - Vữa xây dựng - Phương pháp thử, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [10]. Bộ Xây dựng (1993), *TCVN 3118 - Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [11]. Bộ Xây dựng (2009), *TCVN 2682 - Xi măng Poóc-lăng - Yêu cầu kỹ thuật, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [12]. ASTM C157-C157M-08 (2014), *Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic - Cement Mortar and Concrete*, American Society for Testing and Materials.
- [13]. BS ISO 1920-8:2009 (2009), *Testing of concrete, Determination of the drying shrinkage of concrete for samples prepared in the field or in the laboratory*, British Standards Institution.

**Ngày nhận bài: 08/3/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 01/4/2021**

**Người phản biện: TS. Hoàng Việt Hải**

**TS. Nguyễn Hoàng Quân**