

## ĐÁNH GIÁ THỰC NGHIỆM BIẾN DẠNG CO NGÓT BÊ TÔNG TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU NHIỆT ĐỚI EXPERIMENTAL EVALUATION OF SHRINKAGE DEFORMATIONS OF CONCRETE IN TROPICAL CLIMATES

TRẦN NGỌC LONG<sup>a</sup>, PHAN ĐÌNH QUỐC<sup>a,\*</sup>, PHAN XUÂN THỰC<sup>a</sup>, PHAN VĂN PHÚC<sup>a</sup>, TRƯƠNG VĂN BÉ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Vinh, Địa chỉ: 182 Lê Duẩn - Thành phố Vinh - tỉnh Nghệ An

Tác giả đại diện: Email: d2nucevn@gmail.com

Ngày nhận 24/9/2023, Ngày sửa 20/10/2023, Chấp nhận 30/10/2023

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2023.vi.vol3-4>

**Tóm tắt:** *Biến dạng co ngót của bê tông là một trong những nguyên nhân chính ảnh hưởng đến hư hỏng kết cấu. Hiện tượng co ngót là kết quả của quá trình thủy hóa xi măng (hydrat hóa), sự bốc hơi nước khi bê tông đông cứng. Nó xảy ra chủ yếu trong giai đoạn khô cứng đầu của bê tông. Hiện tượng co ngót chịu ảnh hưởng gián tiếp từ các yếu tố môi trường, trực tiếp từ các yếu tố như kích thước cốt liệu, cấu kiện, tỷ lệ nước – xi măng. Việc hiểu rõ quy luật phát triển của các yếu tố môi trường là chìa khóa để dự đoán chính xác độ co ngót của bê tông. Một yếu tố quan trọng ảnh hưởng lớn đến độ co ngót của bê tông là gió vùng nhiệt đới. Để nghiên cứu ảnh hưởng của gió vùng nhiệt đới đến độ co ngót của bê tông, nghiên cứu này thiết kế một thí nghiệm về độ co ngót của bê tông tại Nghệ An, Việt Nam. Bên cạnh đó tiến hành phân tích đánh giá kết quả thí nghiệm của một số tác giả thực hiện trong vùng nhiệt đới Đông Nam Á. Kết quả thực nghiệm thu được đã cho thấy biến dạng co ngót trong điều kiện khí hậu nhiệt đới xảy ra theo đúng quy luật đã có. Tuy nhiên trong giai đoạn đầu biến dạng co ngót xảy ra với tốc độ nhanh hơn, giá trị độ lớn nhanh đạt giá trị cuối cùng của nó.*

**Từ khóa:** *Bê tông, co ngót, nhiệt độ, độ ẩm, thời gian, khí hậu.*

**Abstract:** *Shrinkage of concrete is one of the main reasons affecting damage of structures. Shrinkage is the result of cement hydration, the evaporation of water during concrete hardens. It occurs mainly at the first stage of concrete hardening. Moreover, shrinkage is indirectly influenced by various factors such as environmental conditions, aggregate sizes, structure types, and water-cement ratio. Understanding the environmental factors is the key to accurately predicting shrinkage of concrete. Among*

*environmental factors, wind is known as an important factor that significantly affects shrinkage of concrete. This study designs an experiment that considers the effects of tropical winds on shrinkage of concrete in Nghe An, Vietnam. Additionally, the result of this study is then analyzed and compared with that of published studies in Southeast Asia. Experimental results show that shrinkage in the tropical climate occurs according to existing rules. Moreover, the shrinkage strain develops rapidly at the early stage, and the value of shrinkage quickly reaches an asymptotic value.*

**Keywords:** *Concrete, shrinkage, wind, temperature, humidity, tropical climate.*

### 1. Giới thiệu

Nghiên cứu ứng xử kết cấu bê tông cốt thép theo thời gian là một vấn đề luôn được quan tâm từ trước tới nay. Để phản ánh được độ bền theo thời gian của kết cấu bê tông cốt thép thì biến dạng phải được kiểm soát. Ứng xử dài hạn của kết cấu bê tông được thể hiện qua biến dạng theo thời gian, cụ thể là biến dạng co ngót và biến dạng từ biến bê tông,...

Biến dạng co ngót là một đặc tính cơ lý của bê tông. Biến dạng co ngót phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố ảnh hưởng như: tỷ lệ cấp phối, tỷ lệ nước – xi măng, tỷ lệ đá – xi măng,... kích thước cấu kiện, tỷ lệ bề mặt tiếp xúc bên ngoài với thể tích,... Bên cạnh đó, biến dạng co ngót bê tông còn phụ thuộc vào điều kiện địa phương thể hiện thông qua cốt liệu, cát, phụ thuộc vào điều kiện môi trường là nhiệt độ, độ ẩm,... Có thể thấy để kiểm soát hoàn toàn biến dạng co ngót bê tông là rất khó khăn. Chính vì vậy đã có rất nhiều thí nghiệm, thực hiện nhiều địa điểm khác nhau và trong nhiều điều kiện khí hậu.

Biến dạng co ngót có thể có nhiều cách chia phân loại khác nhau, chẳng hạn: Co ngót chia thành

co ngót tự sinh và co ngót khi khô. Co ngót tự sinh là sự giảm thể tích vĩ mô của bê tông do co ngót hóa học và tự hút ẩm trong quá trình hydrat hóa liên tục của hồ xi măng trong môi trường nhiệt độ và độ ẩm không đổi [10, 12]. Hiện tượng co ngót tự sinh trong bê tông thông thường là không đáng kể, khi tỷ lệ nước – xi măng lớn hơn 0,45 thì độ co ngót tự sinh luôn nhỏ hơn  $100 \times 10^{-6}$  m/m [9, 11]. Co ngót khi khô phát sinh từ sự gia tăng sức căng mao dẫn nước lỗ rỗng và sức căng bề mặt rắn của thành lỗ rỗng cũng như sự mỏng đi của lớp nước hấp phụ đã phân tử của các vi lỗ, biểu hiện vĩ mô của nó là sự biến dạng do sự giảm độ ẩm bên trong bê tông [6].

Trong những năm gần đây, đã đạt được nhiều thành tựu nghiên cứu về cơ chế và mô hình hóa co ngót của bê tông. Tuy nhiên vẫn chưa có một sự thống nhất đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng này. Một số mô hình dự báo biến dạng co ngót của bê tông đã được đề xuất như: ACI 209, GL2000, GOST 24544-81, CEB FIP 2010,...

**2. Tổng quan về một số tiêu chuẩn xác định biến dạng co ngót và một số nghiên cứu thực nghiệm về biến dạng co ngót**

**2.1 Tổng quan về một số tiêu chuẩn xác định biến dạng co ngót**

Theo tiêu chuẩn Nga (GOST 24544-81) [13] đã đề cập đến mô hình dự báo co ngót theo thời gian bằng phương pháp hồi quy. Sự phát triển biến dạng co ngót của bê tông theo thời gian được thể hiện theo công thức:

$$\varepsilon_{in}(t) = \varepsilon_{in}(\infty) \frac{\Delta t}{\alpha_n + \Delta t} \tag{1}$$

Trong đó:  $\varepsilon_{in}(t), \varepsilon_{in}(\infty), \alpha_n, \Delta t$  - lần lượt là biến dạng co ngót tại thời điểm  $t$ , biến dạng co ngót cuối cùng, hệ số hàm mũ được xây dựng từ kết quả thực nghiệm và khoảng thời gian kể từ lúc bắt đầu đo đến thời điểm  $t, \Delta t = t - t_0, t_0$  - thời điểm bắt đầu đo.

$$\varepsilon_{cas}(t) = \varepsilon_{cas0}(f_{cm}) \left[ 1 - \exp(-0.2x\sqrt{t}) \right] \tag{5}$$

$$\varepsilon_{cds}(t) = \varepsilon_{cas0}(f_{cm}) \sqrt{\frac{t - t_s}{0.035h^2 + (t - t_s)}} \left[ -1.55 \left( 1 - \left( \frac{RH}{100} \right)^3 \right) \right] \tag{6}$$

Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574-2018 ảnh hưởng do co ngót của bê tông được tính toán

Theo tiêu chuẩn châu Âu Eurocode 2 (EC2,1992) [8] mô hình tính toán biến dạng co ngót được thiết lập cho bê tông có cấp độ bền từ C20/25 đến C90/105 và trong điều kiện độ ẩm môi trường dao động từ 20% đến 100%. Biến dạng co ngót của bê tông, kí hiệu là  $\varepsilon_{cs}(t)$  là tổng của hai thành phần biến dạng co ngót tự sinh  $\varepsilon_{ca}(t)$  và biến dạng co ngót do khô  $\varepsilon_{cd}(t)$ .

$$\varepsilon_{ca}(t) = \varepsilon_{ca}(\infty) \left[ 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) \right] \tag{2}$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \varepsilon_{cd,0} \frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0.04\sqrt{h_0^3}} k_h \tag{3}$$

Các thành phần biến dạng co ngót này được biểu thị bằng phương trình (2), (3). Các hệ số được thể hiện chi tiết trong [8].

Theo tiêu chuẩn Mỹ (ACI 209R-92, 1992) [5], biến dạng co ngót của bê tông kí hiệu  $\varepsilon_{cs}$  là sự suy giảm thể tích của bê tông theo thời gian. Nguyên nhân của kết quả này là quá trình mất nước trong bê tông do bay hơi kết hợp với quá trình hydrat hóa khi bê tông phát triển cường độ. Biến dạng co ngót được xác định bằng tích của biến dạng co ngót tới hạn  $\varepsilon_{ca}(t)$  với hàm thời gian dạng hypebolic và các hệ số điều chỉnh. Công thức xác định biến dạng co ngót được biểu diễn qua phương trình (4), giá trị của các hệ số  $t, k, (\varepsilon_{ca})_u$  được trình bày cụ thể trong [5].

$$\varepsilon_{cs}(t) = (\varepsilon_{cs})_u \frac{t}{k + t} \tag{4}$$

Ngoài ra mô hình tính toán biến dạng co ngót của bê tông (CEB FIP 2010) [7] do Ủy ban Châu Âu và Quốc tế về bê tông được sử dụng cho bê tông có cường độ chịu nén dao động từ 12 Mpa đến 80 Mpa, độ ẩm môi trường thay đổi từ 44% đến 99% và nhiệt độ dao động trong khoảng 5°C đến 30°C. Theo CEB FIP 2010, biến dạng co ngót của bê tông kí hiệu  $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$  là tổng của giá trị biến dạng co ngót tự sinh  $\varepsilon_{cas}(t)$  và biến dạng co ngót khô  $\varepsilon_{cds}(t)$ . Các thành phần biến dạng này được xác định theo công thức (5,6). Giá trị của các hệ số được nêu rõ trong [7].

dựa trên tổn hao ứng suất của kết cấu ứng lực trước. Hao ứng suất do co ngót cho bê tông cấp

bền B35 và thấp hơn: 40 MPa, cho cấp bền B40: 50 MPa, cho cấp bền B45 và lớn hơn: 60 MPa. Hao ứng suất do co ngót theo thời gian được biểu diễn theo công thức (7).

$$\varphi_t = \frac{4t}{100 + 3t} \quad (7)$$

Trong đó, t là thời gian tính theo ngày từ khi kết thúc đổ bê tông.

Nhìn chung, phần lớn các tiêu chuẩn xác định biến dạng co ngót theo thời gian thông qua các công thức toán học có dạng hàm mũ hoặc hyperbolic, điều này cho phép giá trị biến dạng co ngót có thể xác định được tại một thời điểm bất kì. Các thông số ảnh hưởng đến giá trị co ngót được thể hiện đầy đủ nhất trong các mô hình của ACI 209R-92, 1992 và GOST 24544-81. Trong hai tiêu chuẩn EC2,1992 và CEB FIP 2010 có nhiều điểm tương đồng trong việc xác định giá trị biến dạng co ngót của bê tông. Chúng đều được chia thành hai phần là do co ngót tự sinh và co ngót khô. Ngoài ra có thể thấy rằng trong mô hình ACI 209R-92, 1992 nêu rõ ảnh hưởng của từng thông số như hàm lượng xi măng, độ sụt, tỷ lệ cốt liệu, chúng đều là những nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến biến dạng co ngót của bê tông.

Việc tính toán, dự báo giá trị biến dạng co ngót của các mô hình hay tiêu chuẩn trên đều chịu sự ảnh hưởng trực tiếp từ các yếu tố như tính chất cơ học của bê tông, kích thước cấu kiện và độ ẩm môi trường xung quanh. Tuy nhiên chưa có những đánh giá chi tiết sự phụ thuộc của biến dạng co ngót bê tông trong một vùng khí hậu cụ thể. Trong bài báo này tác giả tiến hành đánh giá các kết quả thực nghiệm biến dạng co ngót bê tông đã thực hiện trong vùng khí hậu nhiệt đới.

**2.2 Phân tích kết quả thí nghiệm xác định biến dạng co ngót bê tông vùng nhiệt đới**

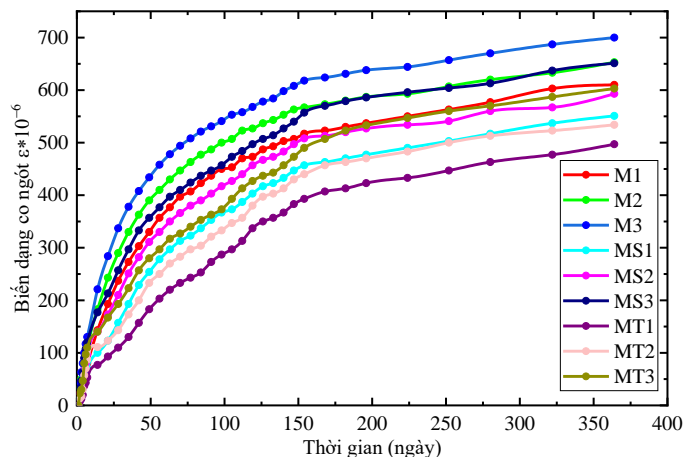
Trong phần này, một số kết quả thí nghiệm đo độ biến dạng co ngót của bê tông tại khu vực vùng khí hậu nhiệt đới như Hà Nội, Gia Lai, Nghệ An và Lào được tác giả đánh giá trình bày.

Thí nghiệm đo biến dạng co ngót mẫu bê tông trong thời gian 364 ngày được tác giả Nguyễn Bá Thạch [4] thực hiện tại Gia Lai với nhiệt độ, độ ẩm dao động trong khoảng  $25 \pm 2^{\circ}C, 75 \pm 5\%$ . 9 tổ mẫu bê tông cấp độ bền B22.5 với các thành phần cốt liệu và các thông số về kích thước, cường độ, tỷ lệ nước – xi măng (N/X) được thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 1. Thành phần cấp phối vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông**

Kích thước mẫu 10x10x40mm	Tổ mẫu	Xi măng PCB40 (Kg)	Cát vàng (Kg)	Đá dăm 1x2 (Kg)	Nước (Lít)	Cốt thép sợi (Kg)	Tỷ lệ N/X
Bê tông thường	M1	415	726	1160	166		0.4
	M2	415	690	1140	187		0.45
	M3	415	675	1100	208		0.5
Bê tông cốt thép sợi	MS1	415	726	1160	166	40	0.4
	MS2	415	690	1140	187	40	0.45
	MS3	415	675	1100	208	40	0.5
Bê tông 1 thanh cốt thép Φ12	MT1	415	726	1160	166		0.4
	MT2	415	690	1140	187		0.45
	MT3	415	675	1100	208		0.5

Kết quả biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu được thể hiện trên hình 1.



**Hình 1. Biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu bê tông ở Gia Lai**

# VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

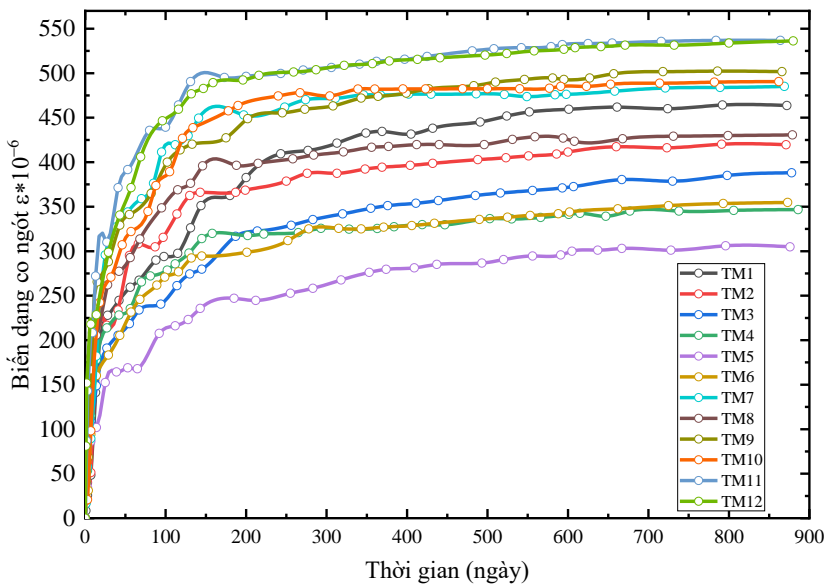
Thí nghiệm đo biến dạng co ngót mẫu bê tông trong thời gian 886 ngày được tác giả Nguyễn Ngọc Bình [1] thực hiện tại Hà Nội với nhiệt độ, độ ẩm dao động trong khoảng  $27 \pm 2^{\circ}C$ ,  $80 \pm 5\%$ . 12 tổ mẫu

chuẩn với kích thước 70x70x280mm được tác giả chế tạo để đo biến dạng co ngót. Các thành phần cốt liệu và các thông số về kích thước, cường độ, tỷ lệ nước – xi măng (N/X) được thể hiện trong bảng 2.

**Bảng 2.** Cường độ trung bình, mô đun đàn hồi, thành phần cấp phối vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông

Tổ mẫu	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Đá (kg)	Nước (lít)	N/X	Rm (MPa)	E (Mpa)
TM1	415	649.5	1070	228.3	0.55	26.16	27600
TM2	415	674.9	1100	207.5	0.5	30.3	27600
TM3	415	690.2	1140	186.8	0.45	35.97	27600
TM4	415	725.6	1160	166	0.4	42.37	27600
TM5	339.5	715.2	1180	186.8	0.55	27.97	27600
TM6	373.5	706	1160	186.8	0.5	34.93	27600
TM7	448.9	660.4	1100	202	0.45	38.25	27600
TM8	466.9	675.6	1110	186.8	0.4	44.86	27600
TM9	436.4	629.9	1040	240	0.55	28.56	27600
TM10	440	660	1060	220	0.5	32.5	27600
TM11	473.3	650	1060	213	0.45	37.31	27600
TM12	492.5	666.2	1070	197	0.4	43.23	27600

Kết quả biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu được thể hiện trên hình 2.



**Hình 2.** Biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu bê tông ở Hà Nội

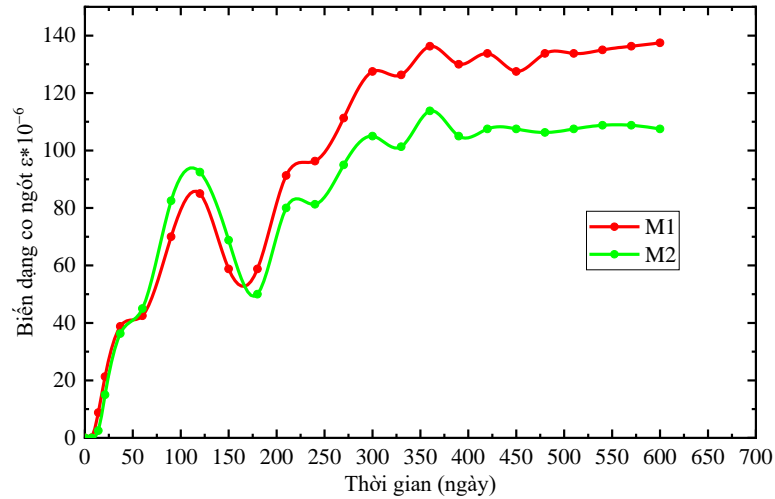
Thí nghiệm đo biến dạng co ngót mẫu bê tông trong thời gian 600 ngày được tác giả Trần Ngọc Long [2] thực hiện tại Phòng thí nghiệm Trường đại học Xây dựng Hà Nội với nhiệt độ  $27 - 30^{\circ}C$  và độ ẩm 80%. Hai tổ mẫu bê tông cốt thép (M1, M2) hình

trụ đường kính 150mm, cao 60mm được tác giả chế tạo để đo biến dạng co ngót theo thời gian. Các thành phần cốt liệu và các thông số về kích thước, cường độ, tỷ lệ nước – xi măng (N/X) được thể hiện trong bảng 3.

**Bảng 3.** Thành phần cấp phối vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông

Kích thước mẫu trụ D=150mm h=600mm	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Đá dăm 1x2 (kg)	Nước (lít)	Cốt thép dọc	Cốt thép đai	Rm (tại 28 ngày) (MPa)	E (tại 28 ngày) (Mpa)
M1	489	464	1263	193	Ø8 -CI	Ø4 -CI	32.5	37550
M2	489	464	1263	193	Ø8 -CI	Ø4 -CI	32.5	37550

Kết quả biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu bê tông ở Hà Nội

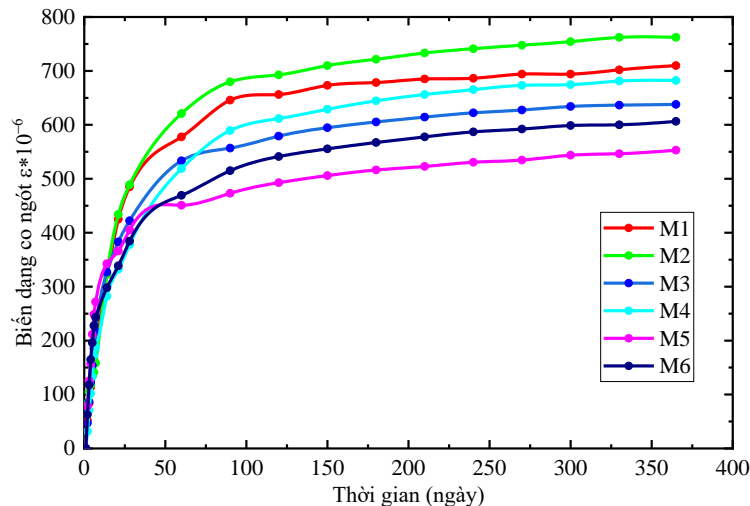
Thí nghiệm đo biến dạng co ngót mẫu bê tông trong thời gian 365 ngày được tác giả Sengaloun Keolounxay [3] thực hiện tại Phòng thí nghiệm của khoa Kiến trúc Trường đại học Quốc gia Lào, thủ đô Viêng Chăn với nhiệt độ  $24 - 29^{\circ}C$  và độ ẩm

65 – 85%. Sáu tổ mẫu bê tông cốt thép (M1-M6) với kích thước 100x100x40mm được tác giả chế tạo để đo biến dạng co ngót theo thời gian. Các thành phần cốt liệu và các thông số về kích thước, cường độ, tỷ lệ nước – xi măng (N/X) được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Thành phần cấp phối vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông

Kích thước mẫu (mm) 100x100x400	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Sỏi (kg)	Nước (lít)	Cốt thép	N/X	R <sub>m</sub> (tại 28 ngày) (MPa)	E (tại 28 ngày) (Mpa)
M1	350	612	1122	140	-	0.4	27.83	31195
M2	350	612	1122	192.5	-	0.55	25.90	26196
M3	350	612	1122	140	Ø 12	0.4	27.83	31195
M4	350	612	1122	192.5	Ø 12	0.55	25.90	26196
M5	350	612	1122	140	Ø 16	0.4	27.83	31195
M6	350	612	1122	192.5	Ø 16	0.55	25.90	26196

Kết quả biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu bê tông ở Viêng Chăn, Lào

Từ kết quả thu được các thí nghiệm trên nhận thấy:

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, nhiệt đới gió mùa với đặc điểm nhiệt độ cao và độ ẩm thấp, đồng thời xen kẽ có mưa, điều này đã ảnh hưởng lớn đến

biến dạng co ngót bê tông, nhất là trong thời gian ban đầu.

Các đồ thị hình 1 đến hình 7 cho thấy biến dạng co ngót xảy ra với tốc độ nhanh trong thời gian

## VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

trước 90 ngày. Nhìn chung bê tông co ngót trong thời gian tới 90 - 120 ngày, nhanh trong các ngày đầu và chậm dần theo thời gian. Biến dạng co ngót của mẫu có cốt thép xảy ra chậm hơn, giá trị nhỏ hơn trong thời gian đầu, càng về sau tốc độ càng gần nhau.

### 3. Nghiên cứu về co ngót bê tông trong điều kiện khí hậu tại Vinh – Nghệ An

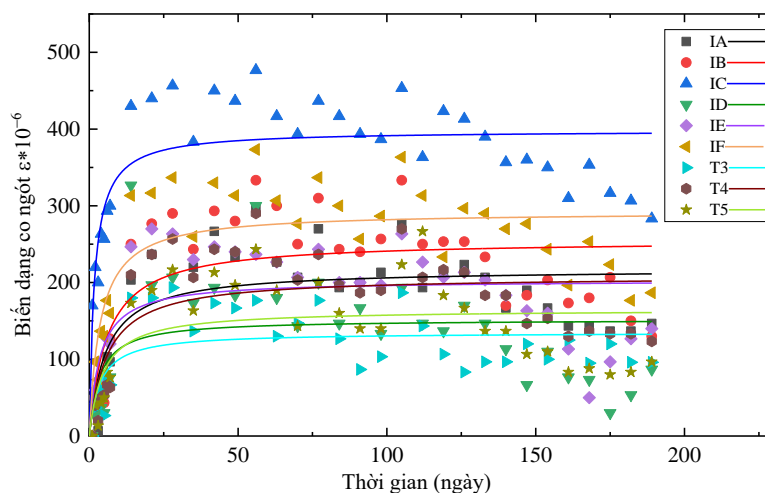
Vinh – Nghệ An chịu ảnh hưởng trực tiếp của gió Lào (nóng khô vào mùa hạ) và ảnh hưởng của gió biển (nồm ẩm vào mùa xuân) là đặc thù cho sự phân tách rõ rệt giữa khí hậu trong một vùng. Sự khác biệt khí hậu (độ ẩm và nhiệt độ) theo mùa là một trong những nhân tố ảnh hưởng lớn đến biến dạng co ngót của bê tông.

Thí nghiệm đo biến dạng co ngót mẫu bê tông trong thời gian 188 ngày được nhóm tác giả thực hiện tại Phòng thí nghiệm công trình khoa Xây dựng, Trường Đại học Vinh, Nghệ An với nhiệt độ dao động trong khoảng  $18-35^{\circ}C$  và độ ẩm  $56-88\%$ . Năm tổ mẫu bê tông cốt thép (T1-T5) với kích thước  $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$  được tác giả chế tạo và đo biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện có và không có gió. Bên cạnh đó 09 mẫu bê tông thường (IA-IF) và (1A-1E) với kích thước  $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$  được tác giả chế tạo và đo biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện có và không có gió. Các thành phần cốt liệu và các thông số về kích thước, cường độ, tỷ lệ nước – xi măng (N/X) được thể hiện trong bảng 5.

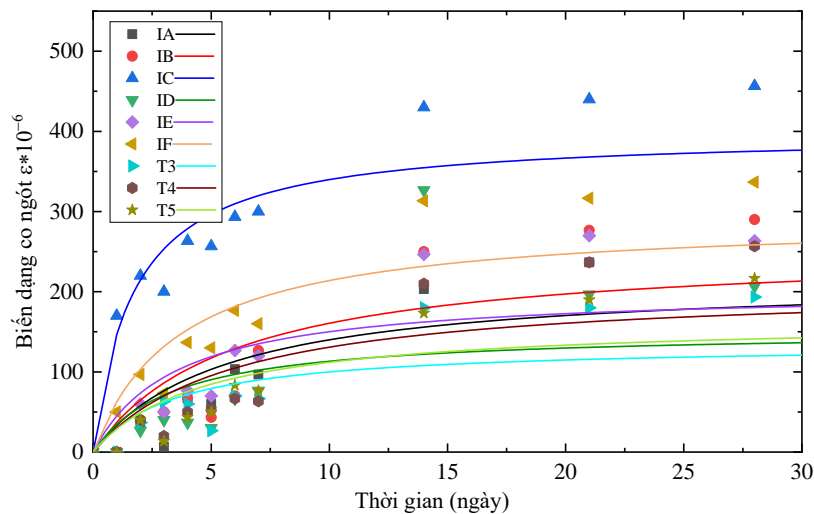
**Bảng 5.** Thành phần cấp phối vật liệu cho  $1 \text{m}^3$  bê tông

Kích thước mẫu (mm) 100x100x400	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Sỏi (kg)	Nước (lít)	Cốt thép	Điều kiện (gió)	Mác bê tông
IA	300.6	346.3	1227.5	195		Không có gió	M250
IB	300.6	346.3	1227.5	195			M250
IC	300.6	346.3	1227.5	195			M250
ID	300.6	346.3	1227.5	195			M250
IE	300.6	346.3	1227.5	195			M250
IF	300.6	346.3	1227.5	195			M250
1A	300.6	346.3	1227.5	195		Có gió	M250
1B	300.6	346.3	1227.5	195			M250
1C	300.6	346.3	1227.5	195			M250
1D	300.6	346.3	1227.5	195			M250
1E	300.6	346.3	1227.5	195			M250
T1	300.6	346.3	1227.5	195	Ø 10	Có gió	M250
T2	300.6	346.3	1227.5	195	Ø 10		M250
T3	300.6	346.3	1227.5	195	Ø 10	Không có gió	M250
T4	300.6	346.3	1227.5	195	Ø 10		M250
T5	300.6	346.3	1227.5	195	Ø 10		M250

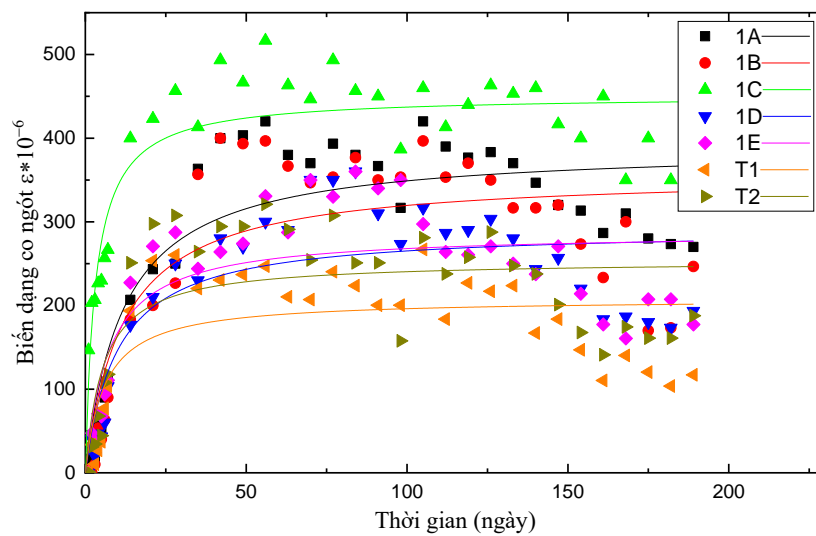
Kết quả biến dạng co ngót theo thời gian của các tổ mẫu được thể hiện trên hình 5 - hình 8.



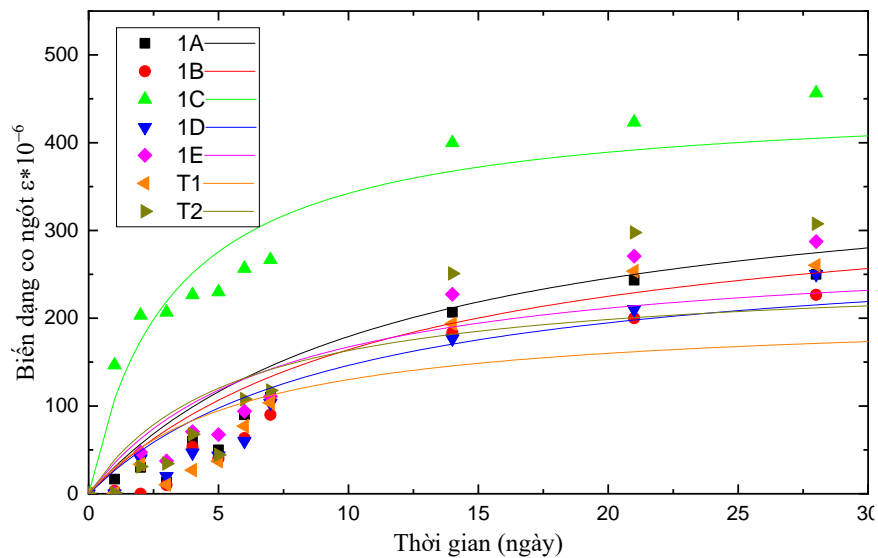
**Hình 5.** Biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện không có gió (188 ngày) ở Vinh, Nghệ An



Hình 6. Biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện không có gió (30 ngày đầu) ở Vinh, Nghệ An



Hình 7. Biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện có gió (188 ngày) ở Vinh, Nghệ An



Hình 8. Biến dạng co ngót theo thời gian trong điều kiện có gió (30 ngày đầu) ở Vinh, Nghệ An

Kết quả thu được từ thí nghiệm cho thấy: Nhìn chung trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, nhiệt đới gió mùa với đặc điểm nhiệt độ cao và độ ẩm thấp,

đồng thời xen kẽ có mưa, điều này đã ảnh hưởng lớn đến biến dạng co ngót bê tông, nhất là trong thời gian ban đầu.



Trong điều kiện nóng khô (Vinh và các tỉnh chịu ảnh hưởng của gió Lào) bê tông co ngót đặc biệt mạnh trong tuần đầu đóng rắn, gần hết trong 28 ngày và độ lớn biến dạng nhanh đạt giá trị cuối cùng của nó, đồ thị nhanh giảm độ dốc và có xu hướng đi ngang nhanh hơn so với điều kiện bình thường. Điều này thể hiện rõ sự ảnh hưởng của thời điểm đổ bê tông của nhóm tác giả (thí nghiệm được tiến hành vào tháng 7 khô nóng, gió Lào mạnh). Cốt thép làm giảm độ co cấu kiện bê tông.

#### 4. Kết luận

Bộ số liệu về biến dạng co ngót bê tông trong điều kiện khí hậu nhiệt đới đã phản ánh được đặc điểm chung của nó. Đây là bộ số liệu có độ tin cậy cao và rất có giá trị, nó bao gồm biến dạng co ngót có và không có cốt thép, biến dạng co ngót trong điều kiện nhiệt độ cao, độ ẩm thấp, biến dạng co ngót có tác động của gió và không có gió.

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới biến dạng co ngót xảy ra trong thời gian đầu với tốc độ rất nhanh, đặc biệt khi có tác động của gió. Độ lớn biến dạng co ngót nhanh đạt đến giá trị cuối cùng của nó so với trong điều kiện thông thường. Điều này dẫn đến cần thiết có giải pháp bảo dưỡng bê tông phù hợp cho thời gian đầu trong điều kiện khí hậu nhiệt đới để giảm thiểu hình thành vết nứt trong bê tông.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Ngọc Bình (2017). *Luận án tiến sĩ kỹ thuật: Nghiên cứu biến dạng co ngót của bê tông trong điều kiện tiêu chuẩn khí hậu Việt Nam.*
- [2] Trần Ngọc Long (2016). *Luận án Tiến sĩ kỹ thuật: Nghiên cứu thực nghiệm về biến dạng dài hạn của cột bê tông cốt thép chịu nén đứng tâm.*
- [3] Sengaloun Keolounxay (2018). *Luận án tiến sĩ: Dự báo biến dạng co ngót của bê tông trong điều kiện khí hậu thủ đô Viên Chăn, nước CHDCND Lào.*
- [4] Nguyễn Bá Thạch 2019. *Luận án Tiến sĩ kỹ thuật: Nghiên cứu thực nghiệm biến dạng co ngót của bê tông trong điều kiện khí hậu chuẩn tại Gia Lai.*
- [5] American Concrete Institute, Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures ACI 209R-92 (Reported by ACI Committee 209, 1992).
- [6] Bažant Z. P (2018). Creep and hygrothermal effects in concrete structures./Z.P. Bažant, M. Jirásek: Springer.
- [7] Comité euro - international du béton (2010), CEB – FIP model code 2010 design code, volume 1, 2 (1st complete draft).
- [8] European Committee for Standardization, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings, Ref. No. prEN 1992-1-1 (November 2002).
- [9] Jensen O. M (2001). Autogenous deformation and RH-change in perspective/O.M. Jensen, P.F. Hansen//Cement and Concrete Research. – T. 31. – № 12. – C.1859-1865.
- [10] Kumarappa D. B (2018). Autogenous shrinkage of alkali activated slag mortars: Basic mechanisms and mitigation methods/D.B. Kumarappa, S. Peethamparan, M. Ngami//Cement and Concrete Research. – T. 109. – C.1-9.
- [11] Mac M. J (2021). Analysis of autogenous shrinkage-induced microcracks in concrete from 3D images / M. Mac, M. Yio, H. Wong, N. Buenfeld//Cement and Concrete Research. – T. 144. – C.106416.
- [12] Williams A (2016). Cracking potential and temperature sensitivity of metakaolin concrete/A. Williams, A. Markandeya, Y. Stetsko, K. Riding, A. Zayed//Construction and Building Materials. – T. 120. – C.172-180.
- [13] Государственный стандарт союза сср. ГОСТ 24544-81 Методы определения деформаций усадки и ползучести ПЕРЕИЗДАНИЕ (ноябрь 1987 г.) с Изменением N 1, утвержденным вапреле 1985 г.; Пост. N 56 от 24.05.85 (ИУС 8-85).