

# Phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến cường độ của vữa geopolimer tro bay

## ■ TS. TRẦN VIỆT HƯNG

*Trường Đại học Giao thông vận tải*

## ■ TS. NGUYỄN THỊ THU NGÀ

*Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải*

**TÓM TẮT:** Geopolymer là một chất kết dính mới có thể thay thế hoàn toàn xi măng trong bê tông. Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ của chất kết dính geopolimer như thành phần của các nguyên liệu, chế độ và nhiệt độ bảo dưỡng... Bài báo trình bày kết quả phân tích dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm xác định sự ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến cường độ nén của vữa geopolimer tro bay. Các mẫu vữa được chuẩn bị trong phòng thí nghiệm và bảo dưỡng trong lò sấy ở các nhiệt độ 60°C, 80°C, 100°C trong khoảng thời gian 12h. Sau khi đủ tuổi 28 ngày, các mẫu vữa được thí nghiệm xác định cường độ nén. Cuối cùng, sử dụng phân tích và so sánh bằng phân tích phương sai một nhân tố và phân tích hậu định sai khác Tukey để làm rõ hơn ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến cường độ nén của loại vật liệu mới này.

**TỪ KHÓA:** Geopolymer, cường độ, nhiệt độ bảo dưỡng, anova, Tukey.

**ABSTRACT:** Geopolymer is a new binder that can completely replace cement in concrete. Many factors influence the strength development of geopolimer binder, such as the composition of materials, curing temperature. The paper presents the analytical results based on experimental studies to determine the influence of curing temperature on the compressive strength of fly ash geopolimer mortar. Mortar samples were prepared in the laboratory and cured dry in an oven at 60°C, 80°C, and 100°C for 12 hours. After reaching the age of 28 days, the mortar samples were tested to determine the compressive strength. Finally, using analysis and comparison by one-way ANOVA and Tukey's Honest Significance Difference to clarify the effect of the curing temperature on the compressive strength of this new material.

**KEYWORDS:** Geopolymer, strength, curing temperature, anova, Tukey.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Geopolymer là loại chất kết dính polymer vô cơ, được phát triển đầu tiên bởi nhà khoa học người Pháp Joseph Davidovits từ những năm 1970. Quá trình hình thành geopolimer là do phản ứng hóa học diễn ra giữa các oxit nhôm và oxit silic trong dung dịch có tính kiềm mạnh để tạo ra các mạch có cấu trúc ba chiều rắn chắc chứa các liên kết Si-O-Al [8]. Phản ứng geopolimer hóa diễn ra dưới áp suất khí quyển ở nhiệt độ dưới 100°C [4].

Tro bay nhiệt điện có thành phần hóa học rất giàu nhôm và silic, phù hợp để tạo ra chất kết dính geopolimer sử dụng trong xây dựng do sự sẵn có, tính kinh tế và đặc điểm vật chất của chúng. Thành phần hóa học, hình dạng và kích thước hạt của tro bay đều rất thích hợp để tạo ra geopolimer có đặc tính kết dính tốt [6].

Nghiên cứu về chất kết dính geopolimer tro bay được phát triển bắt đầu từ báo cáo của Wastiels tại hội nghị quốc tế về quản lý chất thải rắn năm 1993 tại Philadelphia [9]. Nghiên cứu về bê tông geopolimer tro bay được khởi xướng từ năm 2001 tại Đại học Công nghệ Curtin, Australia [7]. Đến nay, phần lớn các nghiên cứu ứng dụng trong xây dựng về vật liệu geopolimer đều tập trung vào việc sử dụng nguyên liệu từ tro bay.

Cũng giống như chất kết dính xi măng, geopolimer có thể đông cứng và đạt được cường độ thích hợp ở điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh. Tuy nhiên, nếu được bảo dưỡng ở nhiệt độ lớn hơn thì quá trình polymer hóa xảy ra nhanh hơn và geopolimer có thể đạt được cường độ yêu cầu ở tuổi sớm hơn.

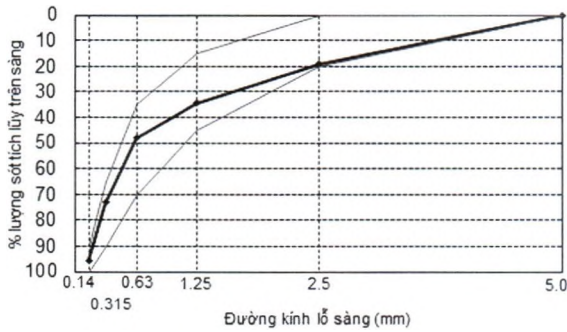
Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm sự ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng đến cường độ nén của các mẫu vữa geopolimer tro bay, từ đó tiến hành phân tích phương sai một nhân tố (One - Way Anova) và phân tích hậu định Tukey được sử dụng để đánh giá sự ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng của lò sấy khô trong khoảng thời gian 12h đến cường độ chịu nén của vữa geopolimer tro bay.

## 2. CÔNG TÁC THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu và tỷ lệ thành phần

#### 2.1.1. Cát

Cát vàng sử dụng cho các vữa geopolimer có mô-đun hạt  $M_k = 2,6$  và đáp ứng được các yêu cầu để sử dụng cho vữa theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572:2006 [11]. Thành phần hạt của cát được xác định theo Hình 2.1.



Hình 2.1: Thành phần hạt của cát theo TCVN 7572:2006 [11]

2.1.2. Tro bay (FA)

Tro bay sử dụng trong thí nghiệm có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 2.1. Đây là loại tro bay tương đương với tro bay nhóm F theo Tiêu chuẩn ASTM C618-03 [2].

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của tro bay sử dụng trong nghiên cứu (% theo khối lượng)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI*
54,42	23,90	8,14	2,56	1,74	1,77	0,43	1,32	0,78	4,31

\* LOI: lượng mất khi nung

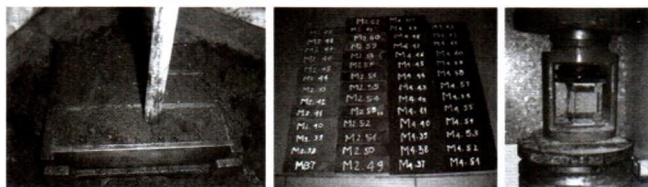
2.1.3. Dung dịch kiềm kích hoạt

Dung dịch kiềm kích hoạt là hỗn hợp của dung dịch kiềm mạnh (NaOH) và thủy tinh lỏng (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Dung dịch kiềm được điều chế từ NaOH dạng vảy khô (độ tinh khiết 98%) pha với nước để đạt được nồng độ mol yêu cầu. Thủy tinh lỏng Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> có tỷ lệ Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O tương ứng là 11,8/28,5/59,7% theo khối lượng. Lựa chọn pha trộn dung dịch NaOH có nồng độ 14 M, dung dịch kiềm kích hoạt theo tỷ lệ khối lượng Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH = 2,5 [7].

2.2. Chế tạo mẫu thử

Tỷ lệ khối lượng AAS/FA (dung dịch kiềm kích hoạt/tro bay) được chọn là 0,45 để đảm bảo hỗn hợp có được cường độ tốt và dễ thi công. Thông số cần xác định ảnh hưởng đến cường độ của geopolymer ở đây là nhiệt độ bảo dưỡng.

Quá trình nhào trộn và chế bị mẫu thử được tiến hành theo TCVN 6016-2011 [10]. Tỷ lệ khối lượng tro bay/cát = 1/3. Mẫu thử kiểm tra tính chất của vữa là mẫu hình lăng trụ kích thước 40'40'160 mm. Các mẫu sau khi đúc khuôn 3 ngày thì tháo khuôn rồi lưu ở phòng thí nghiệm. Đối với các mẫu có yêu cầu bảo dưỡng nhiệt thì sau khi tháo khuôn sẽ cho vào tủ sấy ở nhiệt độ và thời gian theo yêu cầu, sau đó lấy mẫu ra lưu đến ngày thí nghiệm.



Hình 2.2: Mẫu vữa geopolymer tro bay và thí nghiệm xác định cường độ nén

Thí nghiệm nén các vữa được tiến hành theo TCVN 6016-2011 [10].

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

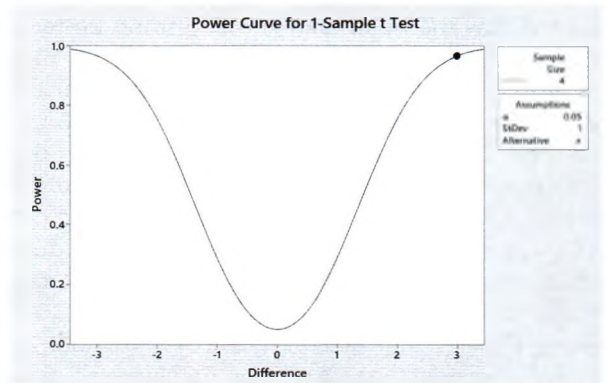
3.1. Đánh giá số mẫu trong tổ mẫu

Công tác lựa chọn số mẫu trong tổ mẫu rất quan trọng,

nếu số mẫu quá ít sẽ không đánh giá được chính xác kết quả thí nghiệm và ngược lại, nếu số mẫu quá nhiều sẽ kéo dài thời gian thí nghiệm dẫn đến kết quả bị ảnh hưởng bởi tuổi mẫu và kinh phí thực hiện tăng lên. Do đó, vấn đề then chốt trước khi nghiên cứu là phải ước tính cho được cỡ mẫu vừa đủ cho mục tiêu của nghiên cứu. Nếu một nghiên cứu không có một cỡ mẫu tối ưu, ý nghĩa của các kết quả trong thực tế (sự khác biệt thực sự) có thể không được phát hiện.

Cỡ mẫu "vừa đủ" tùy thuộc vào loại hình nghiên cứu vào 3 thông số chính:

- (i) Phương pháp thiết kế nghiên cứu và đo lường kết quả (outcome measure);
- (ii) Hệ số ảnh hưởng (effect size);
- (iii) Sai lầm mà nhà nghiên cứu chấp nhận, cụ thể là sai lầm loại I (a) và sai lầm loại II (b hoặc hiệu năng power = 1-b).



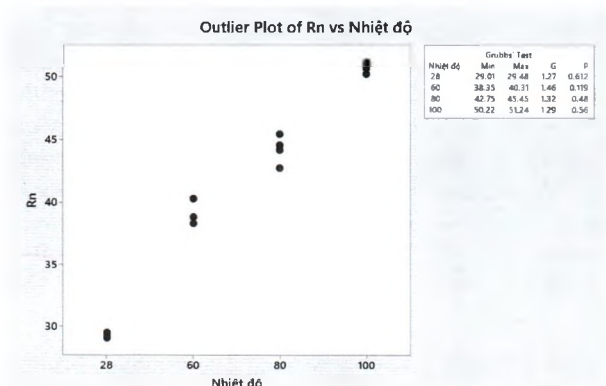
Hình 3.1: Phân tích lựa chọn số mẫu cho 1 tổ mẫu

Sử dụng phần mềm thống kê Minitab 19 đánh giá số mẫu với tiêu chuẩn t-test, power = 0,75 (hệ số β tính toán bằng 1 - 0,75 = 0,25) và mức ý nghĩa α = 0,05. Như vậy, số mẫu trong 1 tổ mẫu chọn là 4 (Hình 3.1).

3.2. Đánh giá độ chụm

Trước hết, sau khi có kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông cần tiến hành đánh giá loại bỏ số liệu ngoại lai theo ASTM E178 [5], đánh giá độ chụm theo ASTM C670 [3] với giới hạn chấp nhận được quy định của các tiêu chuẩn thí nghiệm tương ứng.

Tiêu chuẩn Grubbs được sử dụng để đánh giá, loại bỏ số liệu ngoại lai của các kết quả thí nghiệm hay còn gọi là Outlier test. Kết quả cho thấy không có giá trị ngoại lai trong tập kết quả (Hình 3.2).



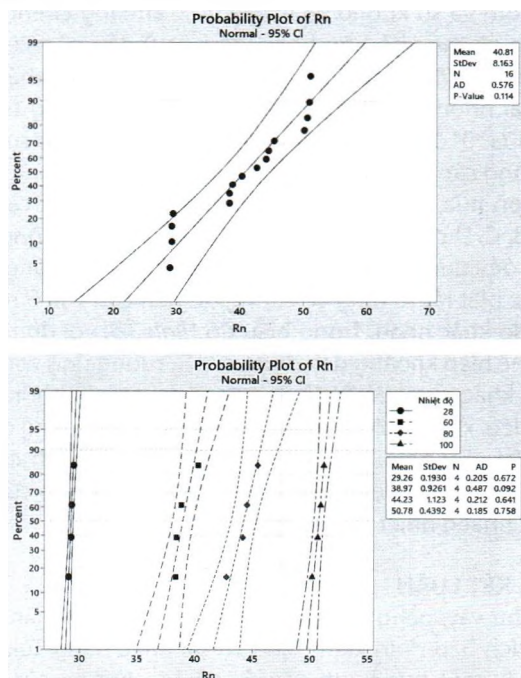
Hình 3.2: Biểu đồ loại bỏ số liệu ngoại lai

Độ chụm là mức độ gần nhau giữa các kết quả thử nghiệm độc lập nhận được trong điều kiện quy định. Độ chụm thể hiện chất lượng công tác thí nghiệm, đảm bảo cơ sở khoa học để phân tích đưa ra những kết luận trong phạm vi nghiên cứu của bài báo. Đối với mỗi tiêu chuẩn thí nghiệm đều quy định độ chụm tương ứng. Các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành chưa có chuẩn đánh giá độ chụm nên sử dụng các tiêu chuẩn AASHTO và ASTM. Ví dụ với thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của vữa ASTM C109 [1] thì hệ số biến sai Cv trong phòng thí nghiệm là 2,1%. Theo ASTM C670 [3], độ lệch tối đa giá trị max và min với tổ mẫu có 4 mẫu sẽ là 3,6 Cv. *Bảng 3.1* là kết quả đánh giá độ chụm của cường độ chịu nén của bê tông geopolimer ở 28 ngày tuổi, tùy thuộc vào điều kiện bảo dưỡng ở các nhiệt độ khác nhau hay điều kiện phòng thí nghiệm. Kết quả cho thấy các tổ hợp đều đảm bảo độ chụm theo quy định.

**Bảng 3.1. Đánh giá độ chụm của kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của vữa ở 28 ngày sau 12h sấy**

TT	Chỉ tiêu	Mẫu	Nhiệt độ sấy mẫu, °C			
			60	80	100	28 (PTN)
1	Cường độ chịu nén của vữa Geopolymer tro bay ở tuổi 28 sau 12h sấy ở các nhiệt độ khác nhau, MPa	1	38,35	45,45	50,68	29,29
		2	38,83	44,55	50,99	29,24
		3	38,36	42,75	51,24	29,47
		4	40,31	44,17	50,219	29,01
		TB	38,52	44,25	50,97	29,34
2	Khoảng chênh lệch R: max-min	MPa	1,96	2,70	1,02	0,47
3	Hệ số biến sai cho phép Cv	%	2,1	2,1	2,1	2,1
4	Khoảng chấp nhận cho phép so với giá trị trung bình: 3.6xCv	%	7,56	7,56	7,56	7,56
5	Giá trị độ lệch cho phép	MPa	2,91	3,35	3,85	2,22
6	Đánh giá: So sánh (2) và (5)	-	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

Số liệu kết quả cường độ chịu nén cũng đảm bảo phân phối chuẩn như trong *Hình 3.3*.



**Hình 3.3: Biểu đồ phân phối chuẩn của cường độ nén**

**3.3. Kiểm định phương sai một nhân tố**

Xét biến ngẫu nhiên X tuân theo quy luật phân phối chuẩn  $N(\mu, \sigma^2)$  và một nhân tố F tác động lên X có p mức khác nhau. Như vậy, tương ứng mỗi mức nhân tố i ta có biến ngẫu nhiên  $X_i$  và chúng cũng tuân theo quy luật phân phối chuẩn  $N(\mu_i, \sigma_i^2)$ . Nếu tiến hành quan sát  $X_i$  bằng cách lấy một mẫu ngẫu nhiên kích thước  $n_i$ :

$$W_i = (X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{ki}, \dots, X_{ni}) \quad (i=1 \div p), \text{ khi đó:}$$

$$X_{ki} = \mu + \alpha_i + U_{ki} \text{ với } k = 1 \div n_i$$

Trong đó:  $\alpha_i$  đặc trưng cho sự khác biệt về giá trị trung bình  $\mu$  của biến ngẫu nhiên X dưới tác động của nhân tố F ở mức i và  $U_{ki}$  là sai số ngẫu nhiên giả thiết là độc lập với nhau, cùng tuân theo quy luật phân phối chuẩn  $N(\mu, \sigma_i^2)$  với mô hình (2) được gọi là mô hình phân tích phương sai một nhân tố. Để tiến hành phân tích phương sai ta xét cặp giả thuyết sau đây:

$$H_0: (\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_p)$$

$$H_1: (\text{Tồn tại ít nhất một cặp } i \neq i' \text{ sao cho } \mu_i \neq \mu_{i'})$$

Phương pháp phân tích phương sai về cơ bản dựa trên cơ sở tính toán và phân tích một số đặc trưng mẫu TSS (Total sum of squares), MSS và RSS.

**Bảng 3.2. Lập bảng tính các đặc trưng**

Nhiệt độ sấy, °C	60	80	100	28 (PTN)
	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$
Lần 1	38,35	45,45	50,688	29,292
Lần 2	38,833	44,55	50,99	29,24
Lần 3	38,365	42,75	51,24	29,479
Lần 4	40,313	44,177	50,219	29,01
$\bar{X}_{ii}$	38,52	44,25	50,97	29,34
Ti	155,861	176,927	203,137	117,021
Ti <sup>2</sup> /ni	20167,08	20941,81	22153,61	23408,33

$$n = \sum n_i = 21; T_i = \sum X_{ki} \rightarrow \sum T_i = 652,9460; \sum \left( \frac{T_i^2}{n_i} \right) = 27638,592$$

Tính Qi:

NS	60	80	100	28 (PTN)
	$X_{i1}^2$	$X_{i2}^2$	$X_{i3}^2$	$X_{i4}^2$
Lần 1	1470,723	2065,703	2569,273	858,021
Lần 2	1508,002	1984,703	2599,980	854,978
Lần 3	1471,873	1827,563	2625,538	869,011
Lần 4	1625,138	1951,607	2521,948	841,580
Qi	6075,736	7829,575	10316,739	3423,590

$$Q_i = \sum X_{ki}^2 \rightarrow SQ_i = 27645.640$$

$$TSS = \sum_i \sum_k (X_{ki} - \bar{X})^2 = \sum_i Q_i - \frac{[\sum T_i]^2}{n} \rightarrow TSS = 999.485$$

$$MSS = \sum_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \cdot n_i = \sum_i \left( \frac{T_i^2}{n_i} \right) - \frac{[\sum T_i]^2}{n} \rightarrow MSS = 992.437$$

$$\text{mà } TSS = MSS + RSS \Rightarrow RSS = 7.048$$

$$\text{Kiểm định giả thuyết: } F = \frac{MSS / (p-1)}{RSS / (n-p)} = \frac{999,485 / (4-1)}{992,437 / (16-4)} = 563.245$$

Chọn mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$  (độ tin cậy 95%, confidence interval CI = 95%), tra bảng ta được  $f_{0,05}(3,12) = 3,49 \rightarrow F > F_{0,05} \rightarrow F \in W_{\alpha}$ .

Vậy ta bác bỏ giả thuyết về sự bằng nhau của các giá trị cường độ trung bình của vữa geopolimer tro bay ở các nhiệt độ sấy khác nhau. Nói cách khác, cường độ chịu nén của vữa sẽ khác nhau và có ý nghĩa nếu nhiệt độ khác nhau.

Xét mức độ tác động của nhiệt độ đến cường độ chịu nén của vữa Geopolymer tro bay thông qua hệ số  $R^2$ :

$$R^2 = \frac{MSS}{TSS} = 0,9929$$

Hệ số xác định của mô hình rất cao, càng giải thích được mức độ biến động khi thay đổi nhiệt độ sấy mẫu, có nghĩa nhiệt độ ảnh hưởng tới 99,29% đến sự biến động của cường độ chịu nén của vữa, hay nói cách khác 99,29% sự khác biệt về cường độ với các nhiệt độ khác nhau được giải thích bởi do khi nhiệt độ bảo dưỡng tăng lên, sẽ đẩy nhanh quá trình polyme hóa các khoáng vô cơ, làm hỗn hợp được phát triển cường độ nhanh. Nhiệt độ bảo dưỡng càng cao thì cường độ nén của các mẫu vữa thu được càng lớn. Sử dụng phần mềm Minitab 19 ta có kết quả như Bảng 3.3, kết quả thu được tương tự với các hệ số  $R-sq = 99,29\%$ ,  $F\text{-value} = 563,3$ .

Bảng 3.3. One-way Anova cho  $R_n^{28}$

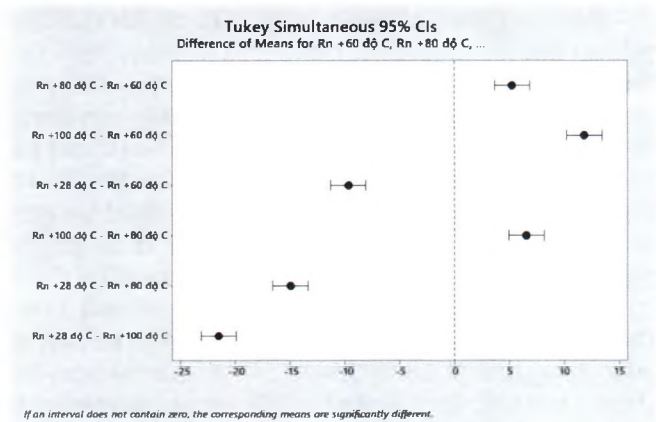
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Nhiệt độ	4	28, 60, 80, 100			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Nhiệt độ	3	992,438	330,813	563,3	0
Error	12	7,047	0,587		
Total	15	999,485			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0,76634	99,29%	99,12%	98,75%		

### 3.4. Phân tích hậu định phát hiện sai khác theo chuẩn Tukey

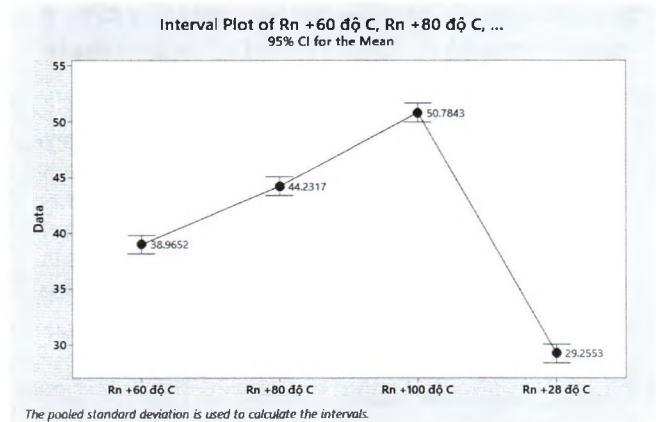
Chuẩn Tukey được sử dụng phổ biến cho việc giải thích rõ sự khác biệt giữa các nhóm, được sử dụng với bảng phân phối Studentizze. Phương pháp Tukey hiệu quả hơn so với Bonfeironni khi số lượng các cặp trung bình cần so sánh khá nhiều. Trong phạm vi nghiên cứu này, có 4 nhóm cần đánh giá sự sai khác giữa chúng, phân tích hậu định theo chuẩn Tukey được sử dụng, có kết quả trong Bảng 3.4 và Hình 3.4.

Bảng 3.4. Phân nhóm thông tin bằng phương pháp Tukey với độ tin cậy 95%

Factor	N	Mean	Grouping
Rn +100°C	4	50,784	A
Rn +80°C	4	44,232	B
Rn +60°C	4	38,965	C
Rn +28°C	4	29,2553	D



Hình 3.4: Đồ thị biểu diễn các so sánh theo cặp từ HSD của Tukey



Hình 3.5: Biểu đồ biểu thị cường độ ở các nhiệt độ sấy

Khi đặt tất cả các kiểm định sai khác trung bình giữa các cặp với nhau, kết quả được thể hiện như trên Hình 3.5. Điều này diễn giải một cách tổng thể về kết quả phân tích hậu định (HSD) của Tukey, cho thấy sự sai khác rõ rệt giữa các nhóm và sự không khác biệt. Các khoảng chênh giữa các cặp có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn 0 đều nằm lệch về hai phía so với đường có giá trị bằng 0, diễn tả sự khác biệt giữa hai nhóm so sánh. Tuy nhiên, bất kỳ khoảng tin cậy nào chứa "0" đều cung cấp bằng chứng không có sự khác biệt trong các nhóm.

Hơn nữa, trong Bảng 3.4 cột phân nhóm với các chữ cái A, B, C, D cho thấy các nhóm không có chứa cùng một nhóm, đều được tách biệt theo các nhóm riêng, chứng tỏ có sự khác biệt rất rõ ràng về cường độ nén của vữa ở những nhiệt độ khác nhau. Trong biểu đồ Hình 3.5, với độ tin cậy 95%, thể hiện khoảng dao động của  $R_n$  tương ứng với nhiệt độ sấy khác nhau. Mức độ dao động trong các nhóm khá đồng đều, không có sự biến đổi khác lạ nào, khoảng chênh lệch gần như nhau so với điểm giữa - trung bình của ba mẫu. Đồng thời, Hình 3.5 còn cho thấy cường độ của vữa đạt tốt nhất ở nhiệt độ sấy là 100°C.

## 4. KẾT LUẬN

Như vậy, bằng phân tích phương sai một nhân tố và phân tích hậu định kiểm định sự sai khác bằng Tukey đã cho thấy một bức tranh đầy đủ về ảnh hưởng của nhiệt độ bảo dưỡng trong 12h đến cường độ chịu nén của vữa

geopolymer tro bay ở tuổi 28 ngày như thế nào. Khi nhiệt độ bảo dưỡng càng cao thì cường độ nén của các mẫu vữa geopolymer thu được càng lớn.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1]. ASTM C109 (2020), *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens)*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [2]. ASTM C618-03 (2003), *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- [3]. ASTM C670-15 (2015), *Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Method*, West Conshohocken, PA.
- [4]. J. Davidovits (2008), *Geopolymer Chemistry and Applications*, Institut Géopolymère, Saint-Quentin, France.
- [5]. ASTM E178 (2016), *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [6]. A. Fernández-Jiménez A. Palomo (2003), *Characterisation of fly ashes, Potential reactivity as alkaline cements*, Fuel. 82, 2259-2265.
- [7]. D. Hardjito B. V. Rangan (2005), *Development and Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete*, Research Report GC1, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Australia.
- [8]. A. Palomo, M. W. Grutzeck M. T. Blanco (1999), *Alkali-activated fly ashes - A cement for the future*, Cement and Concrete Research, 29, 1323-1329.
- [9]. J. Wastiels, X. Wu, S. Faignet G. Patfoort (1993), *Mineral polymer based on fly ash*, Proceedings of the 9th International Conference on Solid Waste Management, Philadelphia, 8.
- [10]. TCVN 6016:2011 (2011), *Xi măng - Phương pháp thử - xác định cường độ*.
- [11]. TCVN 7572 (2006), *Cốt liệu cho bê tông và vữa - phương pháp thử*.

**Ngày nhận bài: 04/5/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2021**

**Người phản biện: TS. Nguyễn Xuân Tùng  
TS. Bùi Thanh Quang**