

ĐÁNH GIÁ CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN CỦA ĐẤT SÉT GIA CỐ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GEOPOLYMER TRO BAY

COMPRESSIVE STRENGTH OF FLY ASH GEOPOLYMER STABILIZED SOIL

¹Phan Nguyễn Ngọc Thành, ²Trần Hữu Bằng, ³Phan Tô Anh Vũ, ⁴Ngô Thành Phong

^{1,3}Khoa Kỹ thuật Công trình, trường Đại học Tôn Đức Thắng

²Khoa Kiến Trúc, trường Đại học Thủ Dầu Một

⁴Khoa Xây dựng, trường Đại học Văn Lang

Tóm tắt: Bài viết trình bày kết quả thí nghiệm trong phòng của vật liệu đất sét được gia cố theo phương pháp Geopolymer tro bay. Nhóm tác giả tiến hành thí nghiệm các mẫu đất được tổ hợp giữa tỷ lệ $Na_2SiO_3/NaOH = 1; 1.5; 2$ và $L/FA = 0.4; 0.5; 0.6$ ở điều kiện nhiệt độ $90^\circ C$ (trong đó, L là tổng khối lượng dung dịch thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) và xút ($NaOH$)) [2]. Nhìn chung, tất cả các mẫu đất sẽ phát triển cường độ trong 14 ngày đầu, từ ngày 14 đến ngày 29, mẫu sẽ giảm cường độ dần. Từ ngày 7 đến ngày 14, cường độ mẫu đất tăng từ 1,10 đến 1,50 lần. Từ ngày 14 đến ngày 28, cường độ giảm từ 1,01 đến 1,20 lần. Cường độ ở ngày thứ 28 trở đi cao gấp 1,09 - 1,12 lần so cường độ ở ngày thứ 7. Mối quan hệ giữa các tỷ lệ kết hợp với điều kiện nhiệt độ sẽ góp một phần cơ sở dữ liệu giúp phương pháp gia cố đất sét bằng Geopolymer tro bay ngày một hoàn thiện.

Từ khóa: Đất sét, Geopolymer, kiềm hoạt tính, tro bay.

Mã phân loại: 11.2

Abstract: In this paper, the result of experiments on the consolidation of clay materials with the Fly Ash-based Geopolymer method is shown and discussed. The result comes from experiments on soil samples with a mixture of $Na_2SiO_3/NaOH$ and a mixture of L/FA with a ratio of 1:1.5:2 and a ratio of 0.4:0.5:0.6 respectively, in which L is the total mass of liquid glass, Na_2SiO_3 , and Sodium Hydroxide, $NaOH$, in a temperature condition of $90^\circ C$. In general, all samples had their amplitude increased within 14 days, then gradually decreased until date 28th. From date 7th to date 14th, the amplitude increased in the range from 1.0 to 1.5 times. Then from date 14th to date 28th, the amplitude of the samples decreased from 1.0 to 1.20 times. After date 28th, the amplitude was observed to be from 1.09 to 1.12 times higher than the amplitude reported on date 7th. The study of different mixtures along with various ratios helps to better the Fly Ash based Consolidation method.

Keywords: Clay, Geopolymer, alkaline liquid, fly ash.

Classification code: 11.2

1. Giới thiệu

Hiện nay có rất nhiều phương pháp kết hợp các loại phụ gia để cải thiện cường độ của vật liệu đất, các chất phụ gia phổ biến như xi măng, vôi... Tuy nhiên ngoài mục đích cải thiện các tính chất cơ lý của đất, ta vẫn cần cân nhắc về hiện tượng biến đổi khí hậu và hiệu ứng nhà kính. Trong quá trình sản xuất xi măng nhằm sử dụng vào các chuyên ngành xây dựng đã thải ra môi trường một lượng lớn khí CO_2 [2], [3]. Từ đó, một số quốc gia đã ứng dụng các loại phụ gia khác để thay thế phương pháp sử dụng xi măng truyền thống, có thể kể đến các loại phụ gia như xỉ, tro bay,... Các loại kể trên đều dựa theo phản ứng Geopolymers [4], [5], [6].

Phản ứng Geopolymer được ứng dụng ở các quốc gia châu Âu, đặc biệt là tại Pháp từ những thập niên 80 của thế kỷ XX. Quá trình

Geopolymer hóa là quá trình tổng hợp liên quan đến phản ứng hóa học của Aluminosilicate Oxit với Polysilicate kiềm nhằm tạo ra phản ứng trùng ngưng Polymer, hình thành mối liên kết giữa Si-O-Al [7], [8].

Một số nghiên cứu cho thấy, độ ẩm của hỗn hợp, tỷ lệ tro bay/đất sét và nhiệt độ dưỡng hộ đều góp phần ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của mẫu. Các tác giả chế tạo mẫu với các tỷ lệ:

- $Na_2SiO_3/NaOH = 0.4; 0.7; 1.0; 1.5;$
- $L/FA = 0.3 \sim 0.8;$
- $FA/Clay = 0.3; 0.5; 0.7.$

Kết quả cho thấy cường độ tổ hợp mẫu có tỉ lệ $Na_2SiO_3/NaOH = 0.7$, $L/FA = 0.5$ và $FA/Clay = 0.3$ phát triển và đạt cường độ lớn nhất khi dưỡng hộ ở nhiệt độ $65^\circ C$ và $75^\circ C$ trong tất cả các thời gian dưỡng hộ. Tuy nhiên,

khi dưỡng hộ ở nhiệt độ 85°C, cường độ mẫu giảm dần sau 14 ngày [1], [7]. Vì thế để góp thêm dữ liệu cho phương pháp gia cố đất sét bằng phương pháp Geopolymer tro bay, bài báo sẽ trình bày về sự phát triển cường độ của các mẫu dưỡng hộ ở nhiệt độ 90°C với các tỷ lệ lần lượt như sau:

- $Na_2SiO_3/NaOH = 1.0; 1.5; 2.0;$
- $L/FA = 0.4; 0.5; 0.6;$
- $FA/Clay = 0.3.$

2. Vật liệu thí nghiệm

2.1. Đất sét

Đất sử dụng thí nghiệm là đất sét cao lanh thuộc thị xã Tân Uyên, tỉnh Bình Dương có các chỉ tiêu vật lý cơ bản như sau:

Giới hạn nhão (W_L): Nội suy tuyến tính xác định được giới hạn nhão $W_L = 46.8\%$.

Giới hạn dẻo (W_P): $W_P = 33\%$.

Chỉ số dẻo (I_P):

$$I_P = W_L - W_P = 46.8\% - 33\% = 13.8\%;$$

Ta có: $7 < I_P < 17 \rightarrow$ Đất á sét.

Độ sệt (I_L):

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{12\% - 33\%}{46.8\% - 33\%} = -1.5\%$$

Ta có: $I_L < 0 \rightarrow$ Đất ở trạng thái cứng.

Kết luận: Đất thí nghiệm là đất á sét, trạng thái cứng, có giới hạn nhão = 46.8%.

2.2. Dung dịch kiềm hoạt tính

Dung dịch NaOH: Dung dịch NaOH được sử dụng chủ yếu để làm chất hoạt hóa kiềm pha với dung dịch thủy tinh lỏng Natri Silicat (Na_2SiO_3). Sự có mặt của dung dịch NaOH trong các phản ứng giúp tăng tốc độ phản ứng và làm Geo tạo ra sẽ dẻo hơn. Sử dụng dung dịch NaOH nồng độ 10 M được điều chế từ NaOH khan.

Dung dịch Na_2SiO_4 : Dung dịch thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) có màu trắng đục, với đặc tính sệt, sánh, dễ dàng hòa tan trong nước. Dung dịch thủy tinh lỏng (Sodium Silicat) đóng một vai trò quan trọng trong quá trình phản ứng tổng hợp chất kết dính Geopolymer. Dung dịch thủy tinh lỏng trong dung dịch kiềm kích hoạt sẽ giúp quá trình tan rã các hạt tro bay diễn ra nhanh chóng hơn.

2.3. Tro bay

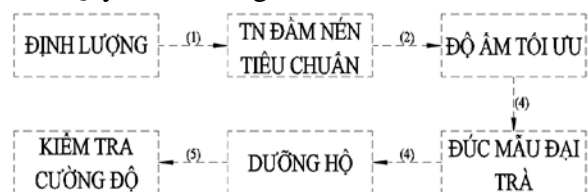
Tro bay sử dụng loại F có hàm lượng CaO < 5%, thu được từ việc đốt than Antraxit hoặc than chứa Bitum, với hàm lượng than chưa cháy nhiều hơn, khoảng 2 - 10%. Tro bay tại nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 3 thuộc loại F. Tro bay loại F kém hoạt tính hơn và cần 02 tuần để thủy hoá, nó có cỡ hạt tối ưu từ 10µm trở xuống.

Bảng 1. Thông số vật liệu tro bay nhiệt điện Duyên Hải 3. Kết quả từ Trung Tâm Kỹ Thuật Tiêu Chuẩn Đo Lường Chất lượng 3 (KT3-01164BXD8).

Tên chỉ tiêu Characteristics		Kết quả thí nghiệm Test result
Độ ẩm/ Moisture content,	%	0,1
Hàm lượng anhydric sunfuric (SO ₃), Sulfur trioxide content	%	1,0
Hàm lượng mất khi nung, Loss on ignition	%	0,7
Hàm lượng oxyt nhôm (Al ₂ O ₃), Aluminium oxide content	%	26,1
Hàm lượng oxyt sắt (Fe ₂ O ₃), Ferric oxide content	%	11,3
Hàm lượng oxyt natri (Na ₂ O), Sodium oxide content	%	1,35
Hàm lượng oxyt silic (SiO ₂), Silicon dioxide content	%	51,1
Hàm lượng oxyt kali (K ₂ O), Potassium oxide content	%	1,29
Hàm lượng canxi (CaO), Calcium oxide content	%	4,7
Hàm lượng oxyt magie (MgO), Magnesium oxide content	%	1,7

3. Kết quả thí nghiệm

Quy trình thí nghiệm



3.1. Tổ hợp mẫu thí nghiệm

Tổ hợp được sử dụng trong thí nghiệm theo các thành phần tỷ lệ lần lượt như sau:

- Tỷ lệ $Na_2SiO_3/NaOH = 1.0; 1.5; 2.0;$
- Tỷ lệ $L/FA = 0.4; 0.5; 0.6;$
- Tỷ lệ $FA/Clay = 0.3.$

Chỉ tiêu thí nghiệm: Thí nghiệm cường độ chịu nén ở 7, 14, 28 ngày tuổi.

Sử dụng khuôn nhựa hình trụ có kích thước 50 x 100 mm theo tiêu chuẩn ASTM D2166-thí nghiệm nén nở hông [9].

Mỗi tổ hợp mẫu gồm 12 mẫu. Ngoại trừ 03 mẫu không dưỡng hệ bằng nhiệt độ, 09 mẫu còn lại trong tổ hợp mẫu được bảo dưỡng với thời gian 48 tiếng ở nhiệt độ 90°C, sau đó bảo dưỡng trong điều kiện nhiệt độ thường đến khi đủ ngày tuổi.

Phân loại các tổ hợp mẫu thành các nhóm sau để so sánh:

-Nhóm A: Gồm các tổ hợp mẫu có tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 1.0$ và các tỷ lệ L/FA lần lượt 0.4; 0.5; 0.6;

-Nhóm B: Gồm các tổ hợp mẫu có tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 1.5$ và các tỷ lệ L/FA lần lượt 0.4; 0.5; 0.6;

-Nhóm C: Gồm các tổ hợp mẫu có tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 2.0$ và các tỷ lệ L/FA lần lượt 0.4; 0.5; 0.6.

Trong đó:

$$\frac{L}{FA} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} + m_{\text{NaOH}}}{m_{FA}}$$

Bảng 2. Phân loại nhóm mẫu thí nghiệm và số lượng mẫu trong mỗi nhóm.

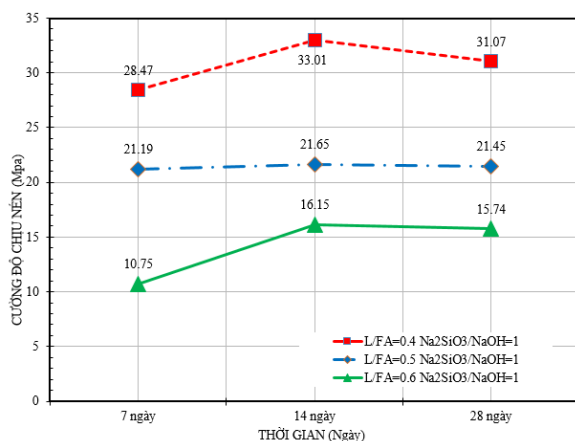
	L/Fa = 0.4	L/Fa = 0.5	L/Fa = 0.6
Nhóm A: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 1.0	12	12	12
Nhóm B: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 1.5	12	12	12
Nhóm C: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 2.0	12	12	12
Tổng	108		

Bảng 3. Dung trọng khô của tổ hợp mẫu (g/cm^3).

	L/Fa = 0.4	L/Fa = 0.5	L/Fa = 0.6
Nhóm A: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 1.0	2.16	2.15	2.13
Nhóm B: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 1.5	1.97	1.96	1.92
Nhóm C: ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) = 2.0	1.93	1.95	1.94

3.2. Kết quả thí nghiệm và nhận xét

Nhóm A

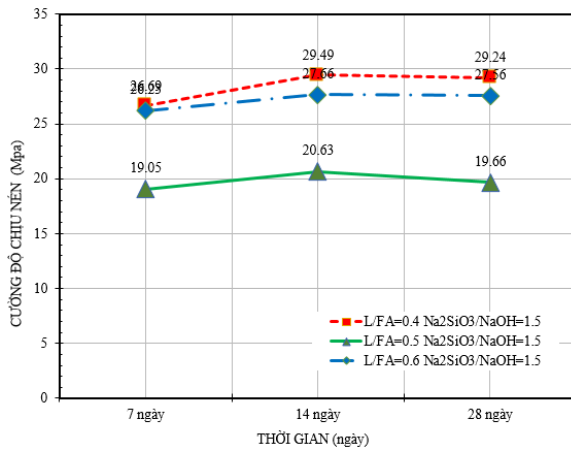


Hình 1. Cường độ chịu nén tổ hợp mẫu nhóm A.

Ở nhóm A, mẫu có tỷ lệ thành phần L/FA = 0.4 có cường độ chịu nén cao vượt trội so với các tỷ lệ L/FA khác. Từ ngày 7 đến ngày 14, cường độ phát triển từ 28.47 Mpa đến 33.01 Mpa (tăng 1.16 lần). Từ ngày 14 đến ngày 28, cường độ giảm từ 33.01 Mpa còn 31.07 Mpa (giảm 1.06 lần). Từ ngày 7 đến ngày 28, cường độ tăng từ 28.47 Mpa đến 31.07 Mpa, tăng 1.1 lần.

Các tỷ lệ khác cũng có sự tăng, giảm cường độ theo xu thế tương tự như trên. Nhìn chung, cường độ chịu nén của tất cả các mẫu đều có sự phát triển cường độ.

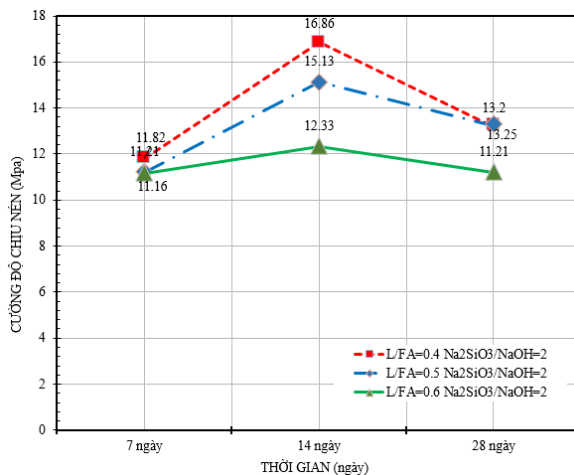
Nhóm B



Hình 2. Cường độ chịu nén tổ hợp mẫu nhóm B.

Ở nhóm B, mẫu có tỷ lệ thành phần L/FA = 0.4 có cường độ chịu nén cao hơn so với các tỷ lệ L/FA khác. Từ ngày 7 đến ngày 14, cường độ phát triển từ 26.69 Mpa đến 29.49 Mpa (tăng 1.10 lần). Từ ngày 14 đến ngày 28, cường độ giảm từ 29.49 Mpa còn 29.24 Mpa (giảm 1.01 lần), thay đổi không đáng kể. Từ ngày 7 đến ngày 28, cường độ tăng từ 26.69 Mpa đến 29.24 Mpa, tăng 1.1 lần.

Nhóm C

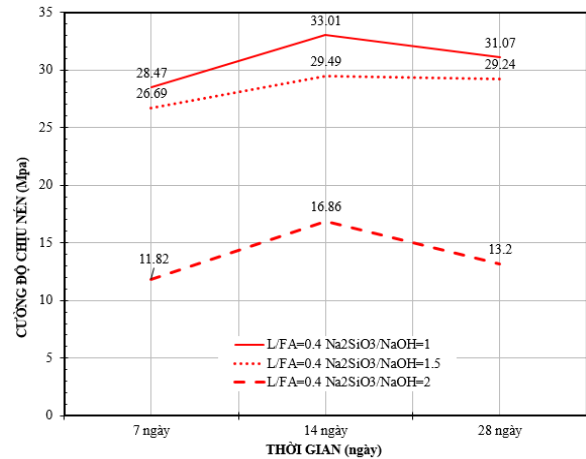


Hình 3. Cường độ chịu nén tổ hợp mẫu nhóm C.

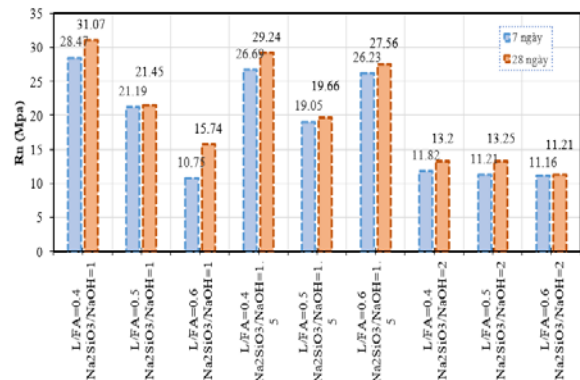
Ở nhóm C, mẫu có tỷ lệ thành phần L/FA=0.4 có cường độ chịu nén cao hơn so với các tỷ lệ L/FA khác. Từ ngày 7 đến ngày 14, cường độ phát triển từ 11.82 Mpa đến 16.86 Mpa (tăng 1.4 lần). Từ ngày 14 đến ngày 28, cường độ giảm từ 16.86 Mpa còn 13.2 Mpa (giảm 1.23 lần). Từ ngày 7 đến ngày 28, cường độ tăng từ 11.82 Mpa đến 13.2 Mpa, tăng 1.1 lần. Cường độ ở các mẫu có tỷ lệ L/FA khác đạt giá trị tương tự ở thời gian 7 ngày và 28 ngày.

Tổng hợp

Từ kết quả thí nghiệm ở các nhóm mẫu với tỷ lệ đang xem xét trong các nhóm A, B, C, có thể xác định được tỷ lệ L/FA = 0.4 và Na₂SiO₃/ NaOH = 1 có cường độ chịu nén lớn nhất.



Hình 4. Các tổ hợp đạt cường độ chịu nén lớn nhất trong các nhóm A, B, C.



Hình 5. Cường độ chịu nén các tổ hợp mẫu ở ngày thứ 7 và 28.

4. Kết luận

Với kết quả thí nghiệm trên có thể kết luận, cường độ chịu nén có sự thay đổi đồng đều theo thời gian ở tất cả các tổ hợp mẫu. Cường độ chịu nén phát triển nhanh trong 14 ngày đầu, từ sau ngày 14, cường độ giảm dần. Và tỷ lệ FA/Clay, nhiệt độ dưỡng hộ ảnh hưởng đến sự duy trì cường độ của mẫu. Với tỷ lệ FA/Clay thấp, nhiệt năng cần thiết cho sự hòa tan, phân tách các liên kết cộng hóa trị Si-O và Al-O-Al trong tro bay để hình thành liên kết Geopolymer không cao. Do đó, khi dưỡng hộ ở nhiệt độ cao, mẫu sẽ xuất hiện vết nứt, lỗ rỗng góp phần làm mẫu giảm độ bền của mẫu.

Các tổ hợp có tỷ lệ L/FA = 0.4 luôn có cường độ chịu nén lớn nhất trong tất cả các

nhóm. Và nhóm A (tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH} = 1$) có cường độ chịu nén lớn nhất ở các nhóm.

Ở 28 ngày tuổi, khi tăng tỷ lệ L/FA từ 0.4 đến 0.6, cường độ chịu nén ở nhóm A giảm 2.65 lần (31.07 MPa \rightarrow 15.74MPa), cường độ chịu nén ở nhóm B giảm từ 1.49 lần (29.24MPa \rightarrow 19.66MPa) và nhóm C có cường độ chịu nén giảm 1.18 lần (13.25MPa \rightarrow 11.21MPa).

5. Khuyến nghị

Cần tiến hành thí nghiệm đối với các tỷ lệ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ và L/FA khác để xác định được tỷ lệ tối ưu nhất. Cần mở rộng thời gian thí nghiệm sau 28 ngày nhằm xác định chính xác được cường độ chịu nén cuối cùng. Và sử dụng các máy có độ sai số thấp, các khuôn trụ thép có độ hoàn thiện chính xác hơn.

Đặc biệt về điều kiện nhiệt độ, với các hạng mục cải tạo và gia cường đất nền thường làm với quy mô rộng, rất khó để duy trì một nhiệt độ mong muốn ổn định. Vì vậy cần xác định được giá trị cường độ cuối cùng ở các nhiệt độ khác nhau, từ đó lập được tỷ lệ giữa các giá trị trong các khoảng thời gian thuận tiện cho việc đánh giá tính chất khả thi của phương pháp áp dụng cho thực tế \square

Tài liệu tham khảo

[1] Patimapon Sukmak; Suksun Horpibulsuk; Shui-Long Shen, *Strength development in clay-fly ash geopolymer*, Construction and Building Materials, pp. 40(0): 566- 574;

[2] J. Davidovits (1997), *Geopolymers: inorganic polymeric new materials*, Journal of thermal analysis, vol.37, pp. 1633 – 1656;

[3] J.Davidovits (2003), *The Geopolymer brick L.T.G.S.*, Coordination et développement international des Géopolymères, France;

[4] J.Davidovits (1994), *Properties of geopolymer cements*, Geopolymer institute, 02100 Saint-Quentin, France;

[5] J.Davidovits, *Environmentally driven geopolymer cements applications*, Geopolymer 2002 conference, Melbourne, Australia ;

J. Davidovits (1994), *Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries*, World Resource Review, Vol. 6, No.2, pp. 263-278;

[6] Sara Rios; Nuno Cristelo; Ant´onio Viana da Fonseca; and Cristiana Ferreira, *Structural Performance of Alkali-Activated Soil Ash versus Soil Cement*. Journal of Materials in Civil Engineering, pp. DOI:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001398;

[7] Patimapon Sukmak; Suksun Horpibulsuk; Shui-Long Shen; Prinya Chindaprasirt; Cherdak Suksiripattanapong. *Factors influencing strength development in clay-fly ash geopolymer*. Construction and Building Materials, pp. 1125–1136;

[8] D2166-00 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

Ngày nhận bài: 06/04/2021

Ngày chuyển phản biện: 09/04/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 01/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/05/2021