



INVESTIGATION IN PROCESS AND QUALITY CONTROL OF A TRIAL PAVEMENT PROJECT USING GEOPOLYME CONCRETE IN VIETNAM

Dao Van Dong^{1*}, Trinh Hoang Son²

¹Transport Development & Strategy Institute, 162 Tran Quang Khai, Hoan Kiem, Hanoi;

² University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc, Thanh Xuan, Hanoi.

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 21/11/2021

Revised: 13/12/2021

Accepted: 30/12/2022

Published online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.5>

* *Corresponding author*

Email: dongdv.tdsi@mt.gov.vn; Tel: +84942005154

Abstract. Geopolymer concrete is a relative novel and environmentally friendly construction material that has been receiving much attentions. With the technical-economic-environmental advantages, geopolymer concrete has been successfully applied in pavement structures in some countries around the world. This paper presents a research on construction process and quality control of geopolymer concrete pavement using Vinh Tan fly ash on a trial project in Binh Thuan province which is a class A- rural road with two lanes satisfying TCVN 10380-2014. The results show that the construction technique of geopolymer concrete pavement is similar to the traditional cement concrete pavement. Comparing the mechanical characteristics and roughness achieved on the section with the technical requirements for rigid pavement by QD1951/2012 and QD3230/2012, it shows that the constructed geopolymer concrete pavement using fly ash completely meets requirements and ensures quality. After 6 months in servicing, the geopolymer concrete pavement structure still works well and ensures the service conditions. The research result could be considered as a strong scientific basis to be able to use geopolymer material in civil construction in Vietnam in the near future.

Keywords: geopolymer concrete, rigid pavement, construction, mechanical properties, roughness.

© 2022 University of Transport and Communications



NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ QUY TRÌNH VÀ CHẤT LƯỢNG THI CÔNG THÍ ĐIỂM MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG GEOPOLYME TẠI VIỆT NAM

Đào Văn Đông^{1*}, Trịnh Hoàng Sơn²

¹Viện Chiến lược và phát triển Giao thông Vận tải, Số 162 Trần Quang Khải, Hoàn Kiếm, Hà Nội;

²Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, Số 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội.

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 21/11/2021

Ngày nhận bài sửa: 13/12/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/12/2022

Ngày xuất bản Online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.5>

* Tác giả liên hệ

Email: dongdv.tdsi@mt.gov.vn; Tel: +84942005154

Tóm tắt. Bê tông geopolymer là một loại vật liệu xây dựng mới, thân thiện với môi trường đã và đang nhận được nhiều sự quan tâm nghiên cứu. Với các ưu điểm về kỹ thuật- kinh tế- môi trường, bê tông geopolymer đã được ứng dụng thành công trong kết cấu mặt đường tại một số quốc gia trên thế giới. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về quy trình thi công và đánh giá kiểm định chất lượng mặt đường bê tông geopolymer sử dụng tro bay Vĩnh Tân trên một đoạn đường thí điểm tại tỉnh Bình Thuận, với cấp kỹ thuật là đường giao thông nông thôn cấp A (hai làn xe) thỏa mãn theo TCVN 10380-2014. Kết quả cho thấy, có thể thi công mặt đường bê tông geopolymer tương tự như mặt đường bê tông xi măng truyền thống. Đồng thời, khi đối chiếu các đặc tính cơ học và độ bằng phẳng đạt được trên đoạn đường thí điểm với các yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường cứng theo Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT và 3230/QĐ-BGTVT cho thấy mặt đường bê tông geopolymer đáp ứng được yêu cầu và đảm bảo chất lượng. Qua thời gian khai thác 6 tháng, mặt đường bê tông geopolymer vẫn đảm bảo chất lượng khai thác. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để có thể sử dụng loại vật liệu này trong xây dựng công trình giao thông ở Việt Nam trong thời gian tới.

Từ khóa: bê tông geopolymer, mặt đường cứng, thi công, đặc tính cơ học, độ bằng phẳng.

© 2022 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đến nay, bê tông geopolyme đã và đang được ứng dụng để xây dựng kết cấu mặt đường cho đường ô tô, sân bay và bến cảng trên thế giới. Công nghệ thi công chủ yếu bao gồm mặt đường bê tông geopolyme dạng cấu kiện đúc sẵn hoặc mặt đường sử dụng bê tông geopolyme thi công tại chỗ. Tấm bản bê tông geopolyme đúc sẵn hoặc gạch lát geopolyme được chế tạo tại nhà máy và vận chuyển đến công trường lắp ghép thành mặt đường. Các sản phẩm này có thể đặt trực tiếp trên nền đất, nền cát hoặc móng cấp phối đá dăm phục vụ cho các công trình đường ô tô, đường băng và bến cảng, qua đó đáp ứng được tiến độ thi công. Đối với mặt đường bê tông geopolyme thi công tại chỗ, cơ bản các giai đoạn thi công tương tự như bê tông xi măng truyền thống, bao gồm: Sản xuất hỗn hợp bê tông geopolyme tại trạm trộn hoặc trộn tại chỗ; kiểm tra chất lượng chế tạo hỗn hợp bê tông trong quá trình thi công; vận chuyển hỗn hợp bê tông geopolyme; đặt ván khuôn; thi công lớp ngăn cách; bố trí các phụ kiện của khe nối; đổ bê tông; tạo nhám; cắt khe; bảo dưỡng; tháo ván khuôn; chèn khe; kiểm tra và nghiệm thu [1, 2]. Úc là một trong những quốc gia đi đầu về phát triển và thương mại hóa bê tông geopolyme. Hiệp hội đường bộ Úc đã ban hành tiêu chuẩn ATS 5330 – 2020 về bê tông geopolyme [3]. Đây cũng là tiêu chuẩn đầu tiên trên thế giới được ban hành liên quan đến yêu cầu kỹ thuật của bê tông geopolyme phục vụ cho thi công kết cấu.

Căn cứ trên cơ sở đó, bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thu được từ việc thi công thí điểm mặt đường bê tông geopolyme theo quy trình thi công và nghiệm thu mặt đường cứng hiện hành của Việt Nam. Kết quả đánh giá chất lượng khai thác và khả năng ứng dụng của bê tông geopolyme để xây dựng mặt đường cứng bằng công nghệ thi công đổ tại chỗ cũng được đúc kết làm cơ sở để nhân rộng trong tương lai.

2. LỰA CHỌN KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG GEOPOLYME

Với mục tiêu triển khai một dự án thi công thí điểm kết cấu mặt đường sử dụng hỗn hợp bê tông geopolyme để đánh giá rút kinh nghiệm về quy trình thi công cũng như quản lý chất lượng mặt đường sử dụng bê tông geopolyme, nghiên cứu tiến hành khảo sát và lựa chọn các thông số đầu vào theo quy định tại Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT [4] để phục vụ thiết kế và thi công, như sau:

Lựa chọn địa điểm thi công: địa điểm thi công được lựa chọn phù hợp với khả năng cung cấp nguyên vật liệu, trong đó đặc biệt chú trọng nguồn cung cấp tro bay, thành phần chính để chế tạo chất kết dính geopolyme. Một tuyến đường thuộc huyện Tuy Phong, tỉnh Bình Thuận được lựa chọn nhằm mục tiêu tận dụng nguồn tro bay nhiệt điện từ các Nhà máy nhiệt điện chạy than Vĩnh Tân, Bình Thuận. Hiện trạng đây là đoạn đường liên xã và tuyến chạy vào khu vực đầm nuôi tôm ven biển do địa phương quản lý, mặt đường có kết cấu hiện trạng là đường đất á cát nhẹ đến á cát được thể hiện ở Hình 1.

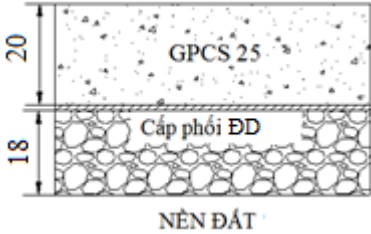


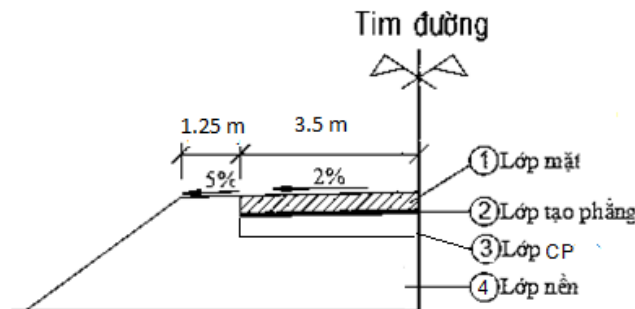
Hình 1. Hiện trạng tuyến đường và điều kiện tải trọng.

Lựa chọn các thông số thiết kế mặt đường: Qua điều tra, dự báo trên đường có trục xe nặng nhất $P_{max} = 100kN$ thông qua. Số lần tác dụng quy đổi về trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn phục vụ thiết kế 10 năm thuộc quy mô giao thông thiết kế thuộc cấp nhẹ có $N_e < 3.10^4$ (trục xe/làn). Tải trọng trục tiêu chuẩn $P_s = 60 kN$ (để tính mỗi) theo TCVN 10380-2014 áp dụng cho giao thông nông thôn. Cấp kỹ thuật là đường giao thông nông thôn cấp A với hai làn xe và lề đất; Trị số gradien nhiệt độ lớn nhất $T_g = 92^\circ C/m$.

Lựa chọn kết cấu mặt đường: Dựa theo quy định 3230/QĐ-BGTVT, các đặc tính của vật liệu và các dữ liệu khảo sát, đề xuất kết cấu mặt đường cho đoạn đường thi công thí điểm và kiểm toán. Cụ thể, kết cấu đoạn đường có lớp mặt sử dụng bê tông geopolyme có cường độ chịu nén đặc trưng f_c' là 25 MPa (GPCS 25) dày 20 cm; Lớp phân cách 1-3 cm bằng vải địa kỹ thuật chống thấm; Cấp phối đá dăm dày 18 cm; nền á cát nhẹ đến á cát đượ lu lèn đạt K95. Chiều dài đoạn thí điểm dài 23,5 m và rộng 3,5 m. Các thông số chủ yếu được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 2. Kết quả kiểm toán cho thấy ứng suất ở đáy tâm theo kết cấu đã lựa chọn đều đảm bảo các trạng thái ứng suất theo quy định 3230/QĐ-BGTVT [4].

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của kết cấu mặt đường bê tông geopolyme [5].

Kết cấu	Thông số			Cấp quy mô giao thông
	Lớp vật liệu	Chiều dày, cm	Đặc điểm	
	GPCS 25	20	$R_{ku} = 4,08$ (MPa); $E_{dh} = 28,49$ (GPa); $\mu_c = 0,197$; $\alpha_c = 9,53 \mu\epsilon/^\circ C$ Tấm kích thước 3,5x4,7 m	Nhẹ < 3.10^4 (trục xe/làn); Đường cấp A (GTNT); $P_s = 60kN$; $P_{max} = 100kN$; $T_g = 92^\circ C/m$
	Lớp phân cách	1-3	Vải địa kỹ thuật chống thấm	
	Cấp phối đá dăm	18	$E = 250$ (MPa)	
	Á cát nhẹ và Á cát		$E_0 = 45$ (MPa)	



Hình 2. Mặt cắt ngang điển hình đoạn tuyến thí điểm.

3. THI CÔNG MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG GEOPOLYME

Trước khi thi công phần mặt đường sử dụng bê tông geopolyme, hạng mục nền và móng đường phải bảo đảm ổn định và hết lún. Lớp nền và móng của kết cấu mặt đường đoạn thí điểm được thi công đảm bảo yêu cầu kỹ thuật áp dụng cho kết cấu đường giao thông nông thôn theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10380-2014 “Đường giao thông nông thôn - Yêu cầu thiết kế” [6] và quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông theo Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT năm 2012 [7].



Hình 3. Công tác lên khuôn nền đường.



Hình 4. Hoàn thiện lớp vải địa kỹ thuật tạo phẳng.

Trình tự thi công mặt đường bê tông geopolyme được áp dụng theo công nghệ thi công đơn giản. Sử dụng ván khuôn cố định và dùng nhân công rải hỗn hợp bê tông geopolyme, dùng đầm dùi, đầm bản chấn động và hoàn thiện bề mặt tấm bê tông geopolyme phù hợp với chỉ dẫn về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông [7].

Quá trình các bước thi công đảm bảo các yêu cầu sau:

Bê tông geopolyme cần phải đổ sao cho giữ được tính đồng nhất, đầy hết khuôn, đảm bảo tính toàn khối, không xuất hiện vết nứt; Cần chú ý khi đổ bê tông geopolyme sao cho không làm dịch ván khuôn ra khỏi vị trí; Chiều cao đổ tự do của hỗn hợp không được cao hơn mức quy định (nhỏ hơn hoặc bằng 1 m); Chiều dày mỗi lớp đổ bê tông geopolyme được không cao hơn mức quy định, từ 20-40 cm như bê tông xi măng truyền thống.

Khi đầm nén hỗn hợp bê tông geopolyme cần đảm bảo độ chặt và tính đồng nhất của bê tông geopolyme, không làm chảy mất vữa geopolyme ra khỏi ván khuôn, thời gian đầm thích hợp, thời gian đầm quá ngắn làm cho bê tông không đủ chặt, quá dài gây phân tầng bê tông geopolyme. Thời gian đầm tại mỗi vị trí phải đảm bảo cho bê tông geopolyme được đầm kỹ. Thời gian đầm của hỗn hợp bê tông geopolyme tương tự như bê tông xi măng truyền thống. Dấu hiệu để nhận biết bê tông đã được đầm kỹ là vữa nổi lên bề mặt và không xuất hiện bọt khí. Bước di chuyển của đầm rùi không vượt quá 1,5 bán kính tác dụng của đầm và phải cắm sâu vào lớp bê tông đã đổ trước 10 cm. Trong quá trình đầm đảm bảo không làm sai lệch vị trí và hỏng ván khuôn.



Hình 5. Công tác đổ bê tông geopolyme.



Hình 6. Công tác đầm bê tông geopolyme.

Việc hoàn thiện bề mặt phải đảm bảo tạo được bề mặt đẹp và bền lâu, đảm bảo được tính liên tục của mạch ngừng thi công. Việc hoàn thiện bề mặt bê tông geopolyme phải đảm bảo không gây ra các vết nứt trên mặt đường bê tông geopolyme, không tạo ra lớp hồ geopolyme trên bề mặt làm giảm khả năng chịu mài mòn, không tạo ra bề mặt xốp, có bọt hoặc rỗ tổ ong, không gây ra hiệu ứng không có lợi cho kết cấu mặt đường.



Hình 7. Công tác tạo phẳng mặt đường sử dụng hỗn hợp bê tông geopolyme.



(a)

(b)

Hình 8. Mặt đường bê tông geopolyme trước (a) và sau khi cắt khe (b).

Sau khi hoàn thiện bề mặt, mặt đường bê tông geopolyme cần được tiến hành bảo dưỡng. Công tác bảo dưỡng phải bắt đầu ngay sau khi đổ bê tông geopolyme xong. Nên sử dụng phụ gia bảo dưỡng phun tạo màng lên mặt bê tông geopolyme để tránh bay hơi nước đột ngột nhằm hạn chế các vết nứt co ngót và không cần tưới nước tạo ẩm để bảo dưỡng như bê tông xi măng thông thường. Phun tạo màng ngay khi mặt bê tông geopolyme vừa ráo mặt và phun đều để tạo thành một màng kín trên mặt đường bê tông geopolyme, không được có sự khác biệt về màu sắc. Đảm bảo vòi phun giữ ở chiều cao 0,5-1,0 m trên mặt bê tông geopolyme. Không được dùng các chất tạo màng dễ bị nước xối trôi và các chất tạo màng có ảnh hưởng xấu đến sức chịu mài mòn và cường độ của bê tông geopolyme. Trong thời gian đầu bảo dưỡng, người và phương tiện không được đi lên trên mặt đường bê tông geopolyme và đặc biệt chú trọng trong 7 ngày đầu tiên.

Việc cắt và chèn khe trên mặt đường bê tông geopolyme được áp dụng tương tự như mặt đường bê tông xi măng truyền thống theo chỉ dẫn được quy định trong Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT năm 2012 [7].

4. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG GEOPOLYME

4.1. Các tính chất cơ học

Bê tông geopolyme được trộn tại trạm trộn bê tông thương phẩm theo tỉ lệ 17% chất kết dính (bao gồm tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn); 8,4% chất hoạt hóa; 74,6% cốt liệu (xỉ thép hồ quang điện Thái Nguyên) tính theo khối lượng cho 1 m³ hỗn hợp bê tông tươi [1, 8]. Các vật liệu đầu vào sử dụng để chế tạo hỗn hợp bê tông geopolyme thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo ATS 5330 – 2020. Hỗn hợp bê tông geopolyme được vận chuyển bằng xe bồn từ trạm trộn ra công trình thí điểm và được xả trực tiếp từ xe bồn thông qua máng dẫn đến kết cấu phần mặt đường.

Trong quá trình thi công mặt đường, bê tông geopolyme được lấy mẫu và đánh giá chất lượng theo tần suất để kiểm tra các đặc tính cơ học của vật liệu. Tiến hành lấy 1-3 tổ mẫu mỗi ca (mỗi tổ bao gồm cả mẫu thí nghiệm nén, uốn dầm và mẫu ép chẻ). Chiều dài thi công một ngày <500 m lấy 1 tổ; ≥ 500 m lấy 2 tổ; ≥1000 m lấy 3 tổ. Quá trình lấy và chế tạo mẫu được thực hiện đúng quy định theo ASTM C172 [9] thể hiện ở Hình 9 và Hình 10. Các mẫu bê tông geopolyme được thí nghiệm để xác định cường độ nén, ép chẻ và cường độ kéo uốn trong giai đoạn thi công lần lượt theo ASTM C39 [10]; ASTM C496 [11] và ASTM C78 [12] được thể hiện ở Hình 11.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén, ép chẻ và cường độ kéo uốn của mẫu bê tông geopolyme trong giai đoạn thi công ở 28 ngày tuổi được thể hiện ở Bảng 2, Bảng 3 và Bảng 4.



Hình 9. Mẫu hình trụ tròn kích thước 150x300 mm.



Hình 10. Mẫu dầm kích thước 150x150x600 mm.



Hình 11. Thí nghiệm nén và kéo uốn mẫu thí nghiệm.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm cường độ nén của mẫu bê tông geopolyme trong giai đoạn thi công.

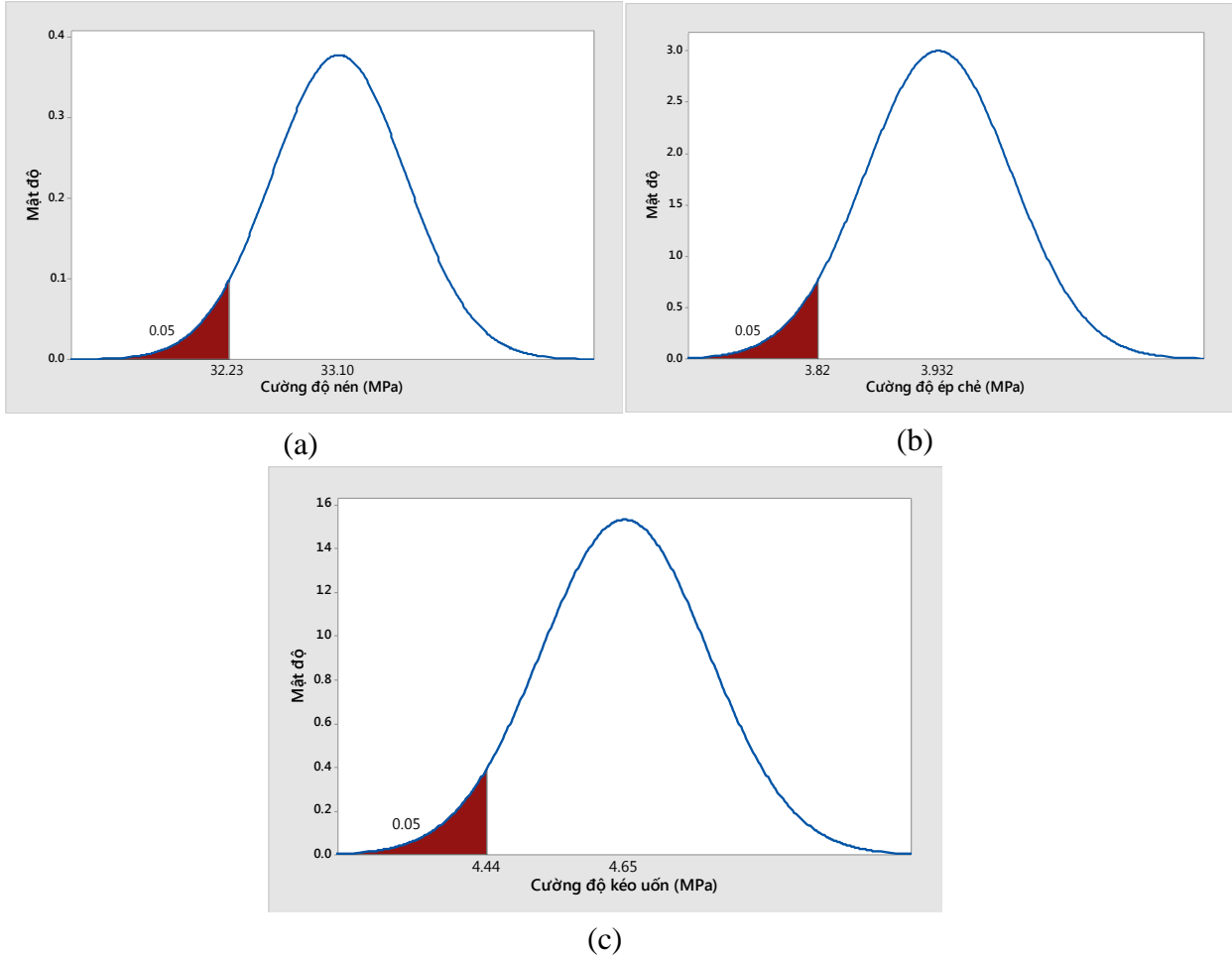
TT	Mẫu (Hình trụ 15x30 cm)	Lực nén (kN)	Cường độ nén (MPa)
1	M1	558	31,58
2	M2	586	33,16
3	M3	595	33,67
4	M4	613	34,72
5	M5	575	32,58
6	M6	581	32,87
Giá trị trung bình (MPa):			33,10
Độ lệch chuẩn (MPa):			1,06
Hệ số phân tán Cv (%):			3,19

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm cường độ ép chẻ của mẫu bê tông geopolyme trong giai đoạn thi công.

TT	Mẫu (Hình trụ 15x30 cm)	Lực ép chẻ (kN)	Cường độ ép chẻ (MPa)
1	M1	278	3,93
2	M2	272	3,85
3	M3	263	3,72
4	M4	280	3,96
5	M5	288	4,08
6	M6	286	4,05
Giá trị trung bình (MPa):			3,93
Độ lệch chuẩn (MPa):			0,13
Hệ số phân tán Cv (%):			3,38

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm cường độ kéo uốn của bê tông geopolyme trong giai đoạn thi công.

TT	Mẫu (Dầm 15x15x60 cm)	Lực uốn (KN)	Cường độ kéo uốn (MPa)
1	M1	34	4,55
2	M2	33	4,43
3	M3	34	4,48
4	M4	39	5,15
5	M5	35	4,67
6	M6	35	4,62
Giá trị trung bình (MPa):			4,65
Độ lệch chuẩn (MPa):			0,26
Hệ số phân tán Cv (%):			5,60



Hình 12. Phân phối chuẩn và giá trị cường độ đặc trưng khi nén (a), ép chế (b), kéo uốn (c) của các mẫu hiện trường trong giai đoạn thi công mặt đường geopolymer.

Thông qua phân tích thống kê kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ học, bao gồm cường độ nén, cường độ kéo uốn và cường độ ép chế được thể hiện ở Hình 12 cho thấy các kết quả thí nghiệm đều là các đại lượng ngẫu nhiên liên tục và tuân theo quy luật phân phối chuẩn. Từ đó, tiến hành tính toán các giá trị đặc trưng của các kết quả thí nghiệm.

Giá trị cường độ đặc trưng R_{dt} của các mẫu thí nghiệm được tính theo biểu thức sau:

$$R_{dt} = \bar{R} - \frac{t_{\alpha} \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Trong đó:

R_{dt} - Cường độ đặc trưng ở khoảng tin cậy 1 phía trong phân phối;

\bar{R} - Cường độ trung bình tính theo (2) của các mẫu thí nghiệm:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (2)$$

n - Tổng số mẫu thí nghiệm;

S - Độ lệch tiêu chuẩn của các trị số cường độ của các mẫu thí nghiệm được xác định theo (3):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}; \quad (3)$$

t_α - Hệ số được xác định tùy theo suất đảm bảo và số liệu kiểm tra (n) nhiều hay ít; t_α được xác định bằng cách tra bảng [13]; trong đó suất đảm bảo cho mặt đường cao tốc, đường cấp I, cấp II, cấp III nên chọn là 95%, các đường cấp IV và các đường khác nên chọn 90%.

Tuy nhiên, bê tông geopolyme là một loại vật liệu mới nên để đảm bảo độ tin cậy cao nghiên cứu đã lựa chọn suất đảm bảo cho mặt đường là 95% đối với cấp kỹ thuật là đường giao thông nông thôn cấp A với hai làn xe thỏa mãn theo TCVN 10380-2014. Thông qua phần mềm Minitab V17 tính toán được các giá trị cường độ đặc trưng tương tự như công thức (1). Kết quả cường độ chịu nén, ép chẻ và kéo uốn đặc trưng của bê tông geopolyme trong giai đoạn thi công lần lượt là $R_{ndt} = 32,23$ (MPa); $R_{echdt} = 3,82$ (MPa); $R_{kudt} = 4,44$ (MPa).

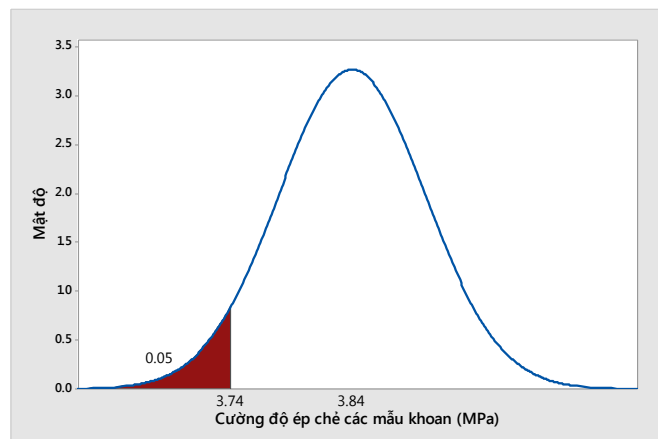
Dựa trên kết quả thu được, lập tỉ số xác định mối quan hệ giữa cường độ kéo uốn đặc trưng và cường độ ép chẻ đặc trưng trong giai đoạn thi công của bê tông geopolyme theo công thức (4).

$$R_{kudt} = 1,16 R_{echdt} \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Mặt đường bê tông geopolyme sau khi hoàn thành được tiến hành khoan lấy mẫu để đánh giá cường độ kéo uốn của mẫu khoan hiện trường thông qua cường độ ép chẻ (Hình 13). Với chiều dày phần mặt đường bê tông geopolyme đã thi công là 20 cm, lựa chọn mũi khoan có đường kính 10 cm để đảm bảo mẫu khoan hiện trường có tỉ lệ chiều cao và đường kính (H/D) bằng 2 tương đương như tỉ lệ chiều cao và đường kính của mẫu đã thí nghiệm trong phòng. Quá trình khoan mẫu được thực hiện theo ASTM C42 [14] và thí nghiệm xác định cường độ ép chẻ theo ASTM C 496. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 5 và Hình 14.



Hình 13. Khoan mẫu trên mặt đường bê tông geopolyme.



Hình 14. Cường độ ép chẻ đặc trưng của các mẫu khoan hiện trường trong giai đoạn đã hoàn thiện mặt đường.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm cường độ ép chẻ của mẫu khoan hiện trường.

TT	Kích thước mẫu khoan		Lực ép chẻ (kN)	Cường độ ép chẻ (MPa)
	D (mm)	H (mm)		
1	100	190	114	3,81
2	100	195	114	3,73
3	100	202	119	3,76
4	100	199	122	3,91
5	100	201	119	3,76
6	100	200	127	4,05
Giá trị trung bình (MPa):				3,84
Độ lệch chuẩn (MPa):				0,12
Hệ số phân tán Cv (%):				3,19

Dựa trên mối quan hệ theo công thức (4), xác định được cường độ kéo uốn đặc trưng hiện trường thông qua cường độ ép chẻ đặc trưng của các mẫu khoan.

$$R_{\text{kuết}} = 1,16R_{\text{echẻ}}^{\text{Khoan}} = 1,16 * 3,74 = 4,33 \text{ (MPa)} \quad (5)$$

Với $R_{\text{echẻ}}^{\text{Khoan}} = 3,74 \text{ (MPa)}$ thể hiện ở Hình 14;

Căn cứ vào Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT năm 2012 nhận thấy cường độ kéo uốn đặc trưng của bê tông geopolyme cả trong giai đoạn thi công và sau khi thi công đều có giá trị lớn hơn cường độ kéo uốn thiết kế yêu cầu $f_r = 4,0 \text{ (MPa)}$ với mặt đường có quy mô giao thông cấp nhẹ, không có xe nặng với trục đơn >100 kN thông qua. Như vậy, mặt đường đảm bảo yêu cầu về khả năng chịu uốn.

4.2. Độ bằng phẳng của đoạn đường thử nghiệm

Độ bằng phẳng của mặt đường bê tông geopolyme được đánh giá bằng thước 3 mét theo TCVN 8864:2011 [15]. Tại vị trí thử nghiệm, đặt thước thẳng dài 3 m trên mặt đường theo hướng song song hoặc vuông góc với trục đường xe chạy. Quá trình đo và kết quả thí nghiệm đo độ bằng phẳng của mặt đường sử dụng bê tông geopolyme được thể hiện ở Hình 15 và Bảng 6.

Tiêu chí đánh giá, kiểm tra và nghiệm thu độ bằng phẳng được phân thành ba mức: rất tốt, tốt và trung bình, tùy thuộc vào vị trí lớp kết cấu và vật liệu làm lớp kết cấu. Khi kiểm tra và nghiệm thu công trình mặt đường đang làm và vừa làm xong, đối với đường cao tốc, đường cấp I, cấp II phải đạt mức độ bằng phẳng rất tốt. Đối với đường ô tô các cấp khác phải đạt mức độ bằng phẳng tốt. Dựa trên kết quả đo độ bằng phẳng ở Bảng 6 có thể kết luận mức độ bằng phẳng của phần mặt đường bê tông geopolyme đạt mức tốt.



Hình 15. Đo độ bằng phẳng của mặt đường bê tông geopolyme bằng thước 3 mét.

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm độ bằng phẳng mặt đường bê tông geopolyme.

TT	Vị trí đo					Số khe hở giữa mặt đường và thước dài 3m, x (mm)						
	Lần số	So với trục đường				x ≤ 3	3 < x ≤ 5	5 < x ≤ 7	7 < x ≤ 10	10 < x ≤ 15	15 < x ≤ 20	> 20
		Phải	Trái	Song song	Vuông góc							
1	1	x		x		3	4					
2		x		x		5	2					
3		x		x		5	2					
Phần trăm (%)						61,90	38,10					

4.3. Chất lượng mặt đường sau một thời gian khai thác

Đoạn đường thí điểm sử dụng bê tông geopolyme sau khi đưa vào khai thác được theo dõi đánh giá trong thời gian 6 tháng. Kết quả đánh giá hiện trường cho thấy mặt đường thí điểm vẫn đảm bảo chất lượng phục vụ, không xuất hiện vết nứt. Đặc biệt, trong điều kiện thời tiết nắng nóng ở Bình Thuận với nhiệt độ trung bình trên 33°C, kèm theo điều kiện tải trọng luôn trong tình trạng quá tải do xe chở cát, nước và nông sản của khu nuôi tôm của địa phương, nhưng mặt đường không xuất hiện hư hỏng.



Hình 16. Đoạn đường thí công thí điểm sau thời gian khai thác 6 tháng.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày nghiên cứu về các bước thử nghiệm khi thi công và đánh giá kiểm định chất lượng mặt đường bê tông geopolyme trên một đoạn thí điểm tại Việt Nam. Từ các nội dung trình bày trong bài báo này có thể rút ra một số kết luận và kiến nghị sau:

Đã thi công thí điểm thành công một đoạn đường sử dụng bê tông geopolyme sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân làm lớp mặt đường. Việc thi công mặt đường bê tông geopolyme hoàn toàn tương tự như mặt đường bê tông xi măng truyền thống, ngoại trừ không phải bảo dưỡng tưới ẩm;

Các đặc tính cơ học và độ bằng phẳng đạt được trên đoạn đường thi công thí điểm đối chiếu với các yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường cứng được quy định tại Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT năm 2012 và Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT năm 2012 cho thấy mặt đường thí điểm sử dụng bê tông geopolyme tro bay hoàn toàn đáp ứng yêu cầu và đảm bảo chất lượng;

Qua thời gian theo dõi 6 tháng, kết cấu mặt đường bê tông geopolyme vẫn đảm bảo chất lượng khai thác. Tuy nhiên, việc tiếp tục theo dõi đánh giá khả năng chịu lực và độ bền dài hạn của kết cấu mặt đường bê tông geopolyme là cần thiết;

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học để có thể sử dụng bê tông geopolyme trong xây dựng công trình giao thông ở Việt Nam trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trịnh Hoàng Sơn, Nghiên cứu một số tính chất chủ yếu của bê tông geopolimer tro bay cốt liệu xi thép trong xây dựng mặt đường ô tô ở Việt Nam, Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Đại học Giao thông vận tải, 2020.
- [2]. Trịnh Hoàng Sơn, Nghiên cứu sử dụng bê tông geopolimer cốt liệu xi thép trong xây dựng mặt đường cứng ở Việt Nam cho giao thông nông thôn, Đề tài cấp Bộ Giao thông vận tải, DT 204045, 2021.
- [3.] ATS 5330, Supply of Geopolymer Concrete. <https://austroads.com.au/publications/test-methods/ats-5330>
- [4]. Bộ Giao thông Vận tải (QĐ 3230/2012), Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.
- [5]. Đào Văn Đông, Trịnh Hoàng Sơn, Nghiên cứu đề xuất kết cấu mặt đường cứng sử dụng bê tông geopolimer tro bay cốt liệu xi thép, Tạp chí Giao thông vận tải, 8 (2021) 42-47.
- [6]. TCVN 10380:2014, Đường giao thông nông thôn - Yêu cầu thiết kế.
- [7]. Bộ Giao thông Vận tải (QĐ 1951/2012), Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.
- [8]. Nguyễn Thanh Bằng, 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, Đề tài cấp Nhà nước KC08.21/16-20, 2021.
- [9]. ASTM C172, Standard Practice For Sampling Freshly Mixed Concrete. https://www.astm.org/c0172_c0172m-17.html
- [10]. ASTM C39, Standard Test Method Compressive Strength Of Cylindrical Concrete Specimens. https://www.astm.org/c0039_c0039m-21.html
- [11]. ASTM C496, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. <https://www.astm.org/c0496-96.html>

- [12]. ASTM C78, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). https://www.astm.org/c0078_c0078m-16.html
- [13]. Bộ Giao thông Vận tải (QĐ 858/2014), Hướng dẫn áp dụng hệ thống các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành nhằm tăng cường quản lý chất lượng thiết kế và thi công mặt đường bê tông nhựa nóng đối với các tuyến đường ô tô có quy mô giao thông lớn.
- [14]. ASTM C42, Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. https://www.astm.org/c0042_c0042m-20.html
- [15]. TCVN 8864:2011, Mặt đường ô tô - Xác định độ bằng phẳng bằng thước dài 3,0 mét.