

PHÂN TÍCH HOẠT TÍNH VÀ KHẢ NĂNG GIA CỐ ĐẤT CỦA PUZOLAN TỰ NHIÊN TỈNH ĐẮK NÔNG

Nguyễn Hữu Năm

Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo

Phạm Văn Minh, Vũ Bá Thao, Nguyễn Huy Vượng, Đinh Văn Thức

Viện Thủy công

Tóm tắt: Nguồn puzolan tự nhiên tồn tại ở dạng đá bazan tại khu vực Tây Nguyên rất dồi dào, đã được sử dụng để sản xuất xi măng poóc lăng puzolan, thay thế một phần xi măng trong bê tông đầm lăn, gạch không nung. Tuy nhiên, việc sử dụng puzolan tự nhiên kết hợp với một số chất kết dính như xi măng, vôi, phụ gia để gia cố đất đã được nghiên cứu và áp dụng ở một số quốc gia nhưng chưa được nghiên cứu tại Việt Nam. Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm thành phần hóa học, khoáng vật, độ hút vôi của puzolan tự nhiên khai thác tại huyện K'rong Nô tỉnh Đắk Nông, từ đó phân tích và đánh giá khả năng ứng dụng chúng trong gia cố đất. Kết quả cho thấy chất lượng của puzolan tự nhiên tại khu vực nghiên cứu đáp ứng các yêu cầu quy định trong TCVN 6882:2001, TCVN 3735:1982 và ASTM C618-89. Sử dụng thành công puzolan tự nhiên gia cố đất để xây dựng công trình giao thông, thủy lợi không chỉ giảm giá thành mà còn giảm thiểu tác hại môi trường do giảm lượng dùng xi măng và các vật liệu cát, đá, sỏi.

Từ khóa: Puzolan tự nhiên, gia cố đất, độ hút vôi, tỉnh Đắk Nông, Tây Nguyên.

Summary: At present, the source of puzoolan (natural, artificial) is plentiful, it is used in the manufacture of Portland cement puzoolan or replace a part of cement in the construction of roller compacted. v.v... However, the use of puzoolan as a binder, partial replacement of cement to strengthen the soil in place has not been much research. This paper analyzes the chemical composition of minerals, the lime sorption of natural puzolan extracted in K'rong Nô district of Dak Nong province to evaluate their applicability in soil reinforcement. Comparison of the results of the sample analysis at two locations in the study area according to current standards shows that the ability to apply natural puzoolan is relatively high in the land consolidation in place.

Keywords: Natural puzoolan, In-situ soils, Mineral-Chemistry -Lime absorption.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong giao thông và thủy lợi nhu cầu sử dụng chất kết dính để gia cố đất tại chỗ là rất lớn. Đất sau khi gia cố được làm nền, mặt đường giao thông, hay thậm chí làm vật liệu chống thấm thay thế cho đất sét trong thủy lợi. Chất kết dính hiện nay thường sử dụng để gia cố đất tại chỗ như: vôi, xi măng, Puzolan, Rovo, HRB, v.v... [1],[2],[3]. Bản chất của chúng là

quá trình hóa, lý và cơ lý xảy ra đồng thời giữa đất với một nhóm các chất kết dính trên. Bài báo tập trung phân tích các thành phần hóa học, khoáng vật, độ hút vôi của puzolan tự nhiên khai thác tại huyện K'rong Nô tỉnh Đắk Nông để đánh giá khả năng ứng dụng chúng trong gia cố đất tại chỗ. Puzolan rất dồi dào chúng thường tồn tại ở hai dạng: (1) Puzolan nhân tạo không có hoạt tính ở trạng thái tự nhiên, nhưng sau khi đã được xử lý kỹ thuật thích hợp sẽ có đủ tính chất đặc trưng của Puzolan như: tro bay, muội silic, xỉ than, gạch nung nhẹ lửa; (2) Puzolan tự nhiên là sản

Ngày nhận bài: 12/7/2018

Ngày thông qua phản biện: 30/8/2018

Ngày duyệt đăng: 25/9/2018

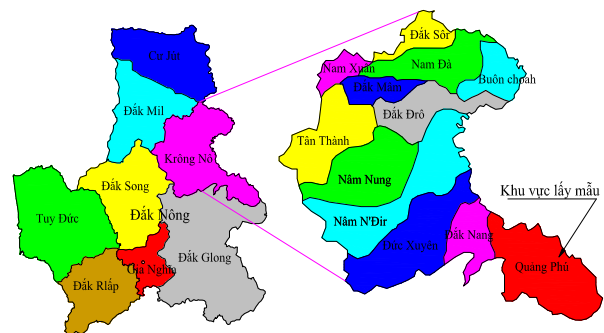
phẩm của các quá trình hoạt động địa chất nội sinh và ngoại sinh như: tro núi lửa, tuff, thủy tinh núi lửa, diatomit, trepel, opoka và một số sản phẩm có nguồn gốc biến chất hoặc phong hoá khác. Chúng chứa SiO_2 hoặc chứa SiO_2 và Al_2O_3 mà bản thân chúng có rất ít hoặc không có tính kết dính, nhưng khi được nghiền mịn và có hơi ẩm chúng sẽ tham gia phản ứng hóa học với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ở nhiệt độ thường để hình thành các hợp chất có tính kết dính [4],[5],[6],[7]. Một trong các yếu tố quan trọng của puzolan cần phải nghiên cứu là thành phần hoá học, yêu cầu tổng hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ phải lớn hơn 70% [3],[8]. Puzolan tự nhiên khi sử dụng làm chất kết dính sẽ hạn chế được các thành phần có hại trong xi măng cũng như trong đất tại chỗ như: (1) Puzolan có các thành phần SiO_2 vô định hình (SiO_2 kết tinh có hoạt tính rất thấp), Al_2O_3 và Fe_2O_3 hoạt tính; các chất này sẽ phản ứng với thành phần có hại $\text{Ca}(\text{OH})_2$ trong quá trình thủy hóa của xi măng tạo thành các khoáng có cường độ cao, làm tăng cường độ, độ đặc chắc và chống thấm cho vật liệu gia cố [9]. (2) Puzolan còn hạn chế được một số đặc điểm bất lợi của đất tại chỗ như: Thành phần hạt đất, làm tăng thêm hàm lượng hạt thô khi đất có hàm lượng sét lớn; Hàm lượng hữu cơ (axit humic cao), tăng quá trình thủy hoá các phản ứng pozzlanic; Giảm ảnh hưởng của lượng muối đến quá trình thủy hoá xi măng; Thành phần hoá học chúng liên quan đến nguồn gốc thành tạo, đặc điểm thành phần của đất, trong đất vùng nghiên cứu có chứa thành phần SiO_2 (oxit nguyên sinh và oxit thứ sinh), chúng có tác dụng tích cực trong việc tăng cường độ; Thành phần khoáng vật của đất ảnh hưởng tương đối lớn đến chất lượng gia cố. Đối với loại đất tồn tại khoáng vật montmorillonite, lượng nước trong khoáng vật sẽ thay đổi mạnh theo độ ẩm của môi trường xung quanh, đồng thời nước có thể tách ra khỏi khoáng vật để đi vào không khí nếu như độ ẩm không khí thấp và ngược lại, có thể hấp thụ nước của không khí

ẩm, chúng hầu như thành tạo trong điều kiện ngoại sinh, khí hậu khô và nửa khô. So sánh kết quả phân tích mẫu lấy tại 2 vị trí trên địa bàn nghiên cứu theo tiêu chuẩn hiện hành cho thấy khả năng ứng dụng puzolan tự nhiên là tương đối cao có thể dùng để gia cố đất tại chỗ.

2. YÊU CẦU KỸ THUẬT CỦA NGUYÊN LIỆU PUZOLAN VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

2.1. Nguồn Puzolan thí nghiệm

Tây Nguyên nói chung và tỉnh Đắk Nông nói riêng là một vùng cao nguyên rộng lớn, có thành tạo địa chất khá đơn giản, chủ yếu là các thành tạo trầm tích, trầm tích phun trào, phun trào bazan, đá xâm nhập và các trầm tích bờ rời có tuổi từ Mezozoi đến hiện đại. Đắk Nông hiện có lượng khoáng sản Puzolan tự nhiên rất lớn, theo đánh giá ban đầu hiện có 05 điểm mỏ phân bố tập trung tại xã Quảng Phú và Buôn Choah, huyện Krông Nô với tổng diện tích khoảng 18 km^2 , tài nguyên dự báo khoảng 83 triệu tấn. Bài báo lựa chọn loại đá bazan từ mỏ puzolan tự nhiên nằm trên địa bàn xã Quảng Phú, huyện Krông Nô, tỉnh Đắk Nông để nghiên cứu, các mẫu lấy ở các vị trí khác nhau (chân, sườn mỏ) Hình 1. Để kiểm chứng về khả năng ứng dụng puzolan tự nhiên làm chất dính đất tại chỗ ngoài việc gửi mẫu đến các đơn vị uy tín trong nước còn gửi mẫu cho Phòng thí nghiệm phân tích và kiểm tra vật liệu Plausiger Dorfstrase 12 Cty TNHH MPA của Đức để phân tích.



Hình 1. Địa điểm lấy mẫu tại xã Quảng Phú, huyện Krông Nô, tỉnh Đắk Nông



a



b

Hình 2. Mẫu puzolan tự nhiên tại vị trí nghiên cứu. A b

2.2. Yêu cầu kỹ thuật của nguyên liệu puzolan và phương pháp phân tích

Nguồn nguyên liệu puzolan tự nhiên từ các loại đá trên rất dồi dào, tuy nhiên để đánh giá chất lượng và khả năng sử dụng chúng trong gia cố đất tại chỗ cần thí nghiệm kiểm tra các chỉ tiêu kỹ thuật sau: (1) Lượng vôi hút (hoạt tính hóa học) từ dung dịch vôi bão hòa sau 30 ngày đêm của một gam puzolan lớn hơn 30 mgCaO/g.pg. Theo yêu cầu kỹ thuật của puzolan dùng trong công nghiệp sản xuất xi măng được quy định trong TCVN 3735-1982, [10]. Thời gian kết thúc đông kết của mẫu chế tạo từ vữa vôi + puzolan (tỉ lệ 20:80) không muộn hơn 96 giờ kể từ lúc chế tạo; Đảm bảo khả năng chịu nước của mẫu chế tạo từ vữa vôi + puzolan không muộn hơn 3 ngày đêm kể từ lúc kết thúc đông kết; (2) Tổng hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$; hàm lượng SO_3 trong puzolan không được lớn hơn 1%; mất khi nung $< 10\%$; hàm lượng kiềm thải $\text{Na}_2\text{O} < 1,5\%$; Chỉ số hoạt tính cường độ so với điều kiện chuẩn ở 28 ngày $> 75\%$, yêu cầu kỹ thuật của puzolan dùng trong bê tông đầm lăn theo

tiêu chuẩn Mỹ ASTM C618 [3]. Ở nước ta hiện có tiêu chuẩn TCXDVN 395:2007 là tiêu chuẩn về “Phụ gia khoáng cho bê tông đầm lăn”, ngoài ra có tiêu chuẩn ngành 14TCN 105:1999 là tiêu chuẩn về “Phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn cho bê tông và vữa” và tiêu chuẩn phụ gia khoáng cho xi măng TCVN 6882:2001 [11],[12],[13],[14]. Một số khoáng vật sét như kaolinit, montmorilonit, hydromica, v.v... có mặt với hàm lượng lớn sẽ ảnh hưởng bất lợi khi sử dụng nguyên liệu puzolan trong việc gia cố.

Xuất phát từ yêu cầu trên, các phương pháp phân tích được sử dụng gồm:

- Phương pháp huỳnh quang tia X (XRF) sử dụng xác định thành phần hóa silicat của mẫu. Độ hút vôi, hàm lượng keo được xác định bằng phương pháp hóa phân tích tại Viện Địa chất - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- Thành phần và hàm lượng khoáng vật được xác định bằng các phương pháp phân tích nhiệt vi sai (DTA) và nhiễu xạ rơnghen (XRD) tại Viện Địa chất - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các thông số phân tích kỹ thuật được thực hiện tại Phòng thí nghiệm phân tích và kiểm tra vật liệu Plausiger Dorfstrase 12 Cty TNHH MPA của Đức bao gồm: (1) Quan sát mặt mẫu puzolan nhờ phương pháp hiển vi điện tử quét SEM; (2) Phân tích thành phần các nguyên tố hóa học bằng phương pháp chụp phổ tán xạ năng lượng EDX. (3) Thành phần pha tinh thể của vật liệu đã được xác định thông qua phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD). (4) Khảo nghiệm về phản ứng puzolan các mẫu đá đã được nghiền nhỏ và hòa với dung dịch kiềm thành bột nhão. Lần lượt được sử dụng dung môi no hydroxid Na và Ca.
- Các thông số về công nghệ như: chỉ số hoạt tính cường độ, thời gian đông kết vữa vôi-puzolan, khả năng chịu nước của mẫu chế tạo từ vữa vôi + puzolan, hàm lượng kiềm thải được xác định theo các phương pháp quy định

trong tiêu chuẩn TCVN 6882: 2001, TCVN 3735:1982 tại Viện Công nghệ Vật liệu xây dựng - Bộ Xây dựng.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Đặc điểm thạch học - khoáng vật

Đánh giá ban đầu cho thấy Puzolan tự nhiên có cấu tạo đặc xít, tương đối rắn chắc, màu sắc thay đổi từ xám đen đến xám sáng, kiến trúc nổi ban, nền dolerit. Thành phần thạch học được phân tích Ronghen nhiễu xạ (XRD), Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp phân tích thành phần khoáng vật bằng Ronghen

Ký hiệu	Độ sâu (m)	Augit (%)	Forsterit (%)	Thạch anh (%)	Hematit (%)	Cristobalit (%)	Lepidocrocit (%)	Albit (%)
QP1	M1-2.5	28	22	5	11	2	6	26
	M2-5.0	27	23	6	12	1	5	26
	M3-10.0	29	23	4	11	1	5	27
QP2	M4-2.0	25	24	5	13	3	3	27
	M5-4.5	27	23	6	12	1	5	26

Đặc điểm thành phần của puzolan: Bazan khu vực Quảng Phú, Krông Nô có thành phần gồm các khoáng vật ban tinh từ 35% - 44%: plagioclas, olivin, đôi khi có augit; thành phần khoáng vật của nền 56% - 61% bao gồm: vi tinh plagioclas, Pyroxen xiên, các khoáng vật phụ thường gặp là quặng ilmenit, magnetit, ít

hơn là apatit. Khoáng vật thứ sinh: epidot, clorit, serpentin, idingsit. Mẫu thí nghiệm đều có các loại khoáng chất khá tốt, phần lớn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và công nghệ của phụ gia hoạt tính, nửa hoạt tính trong sản xuất xi măng và đặc biệt có thể làm chất kết dính để gia cố đất tại chỗ.

Bảng 2. Tổng hợp phân tích thành phần khoáng vật bằng phân tích thạch học

Ký hiệu	Độ sâu (m)	Ban tinh (%)	Pyroxen (%)	Olivin (%)	Nền (%)	Plagioclas (%)	Pyroxen xiên (%)	Quặng (%)
QP1	M1-2.5	40	22-24	16-18	60	29-31	22-24	7-8
	M2-5.0	39	24-26	19.21	61	24-26	21-23	7-9
	M3-10.0	44	23-25	18-20	56	27-29	22-24	6-7
QP2	M4-2.0	42	20-22	19-21	58	28-30	21-23	8-9
	M5-4.5	40	21-23	19-21	60	29-31	21-24	8-10

3.2. Đặc điểm thành phần hóa học

Lấy mẫu Puzolan tại vị trí nghiên cứu ở tỉnh Đắk Nông để thí nghiệm thành phần hoá học ta có kết quả như Bảng 3. Ta thấy, tổng hàm lượng $Si_2O + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ của các mẫu M11, M12, M13 = 82.55%, 72.97%, 70.91% lớn hơn giá trị yêu cầu theo ASTM

C618-89 là 70%. Không chứa hàm lượng hữu cơ. Hàm lượng SO_3 đều nhỏ hơn 1%. Hàm lượng các thành phần thủy tinh khá cao nên có thể cho rằng các mẫu đá bazan được khảo nghiệm đều có tính chất puzolan. Mẫu puzolan bột cho tác dụng với kiềm cũng như với vôi, kết quả thí nghiệm cho

thấy khả năng đông cứng rất rõ rệt. Như vậy, kết quả phân tích ban đầu cho thấy, chất lượng puzolan tự nhiên đủ chất lượng để gia cố đất.

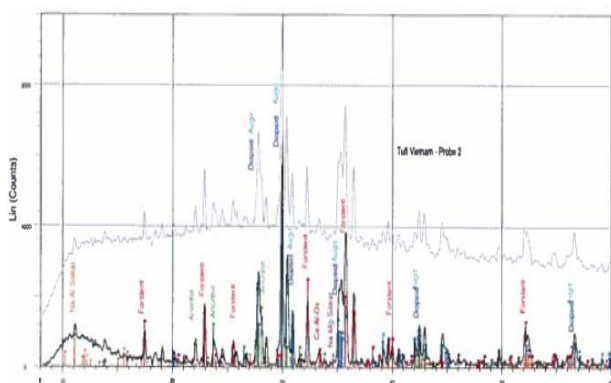
Hình 3, trình bày giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu puzolan, kết quả cho thấy: Trên giản đồ xuất hiện một lượng khá lớn pha vô định hình (thủy tinh), đây là pha quyết định hoạt tính của puzolan. Đối với puzolan có nguồn gốc tuff bazan, pha vô định hình thường rất lớn (có khi đạt tới 60%), các pha kết tinh (quartz,

plagioclaz, pyroxen, olivin, v.v...) chiếm khoảng 20% - 30% và thường bị biến dạng rất mạnh nên tuff bazan có hoạt tính puzolan cao. Thành phần pha tinh thể chủ yếu trong puzolan là SiO_2 tự do ở dạng quartz ($\alpha - \text{SiO}_2$), với pic nhiễu xạ đặc trưng tại $2\theta = 26,7^\circ$. Ngoài ra, một lượng nhỏ caldecahydrit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) với pic nhiễu xạ đặc trưng tại $2\theta = 12,5^\circ$ cũng được phát hiện. Một số hình ảnh phân tích thành phần hóa học của puzolan tự nhiên, Hình 4, Hình 5, Hình 6.

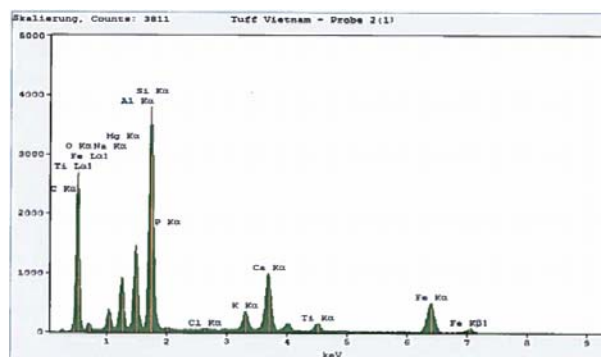
Bảng 3. Phân tích định lượng bằng phương pháp phổ huỳnh quang tia X

TT	Chỉ tiêu	M11	M12	M13	TT	Chỉ tiêu	M11	M12	M13
1	SiO_2	54.86	43.04	41.87	8	Na_2O	0.20	3.05	4.26
2	TiO_2	1.05	2.46	2.43	9	K_2O	3.17	1.89	2.49
3	Al_2O_3	19.06	14.58	13.93	10	P_2O_5	0.17	0.64	0.79
4	T- Fe_2O_3	8.63	15.82	15.11	11	Cr_2O_3	0.02	-	-
5	MnO	0.12	-	-	12	NiO	0.01	-	-
6	MgO	2.35	8.36	9.08	13	SO_3	0.08	0	0
7	CaO	0.96	10.07	9.93	14	LOI	9.08	-	-

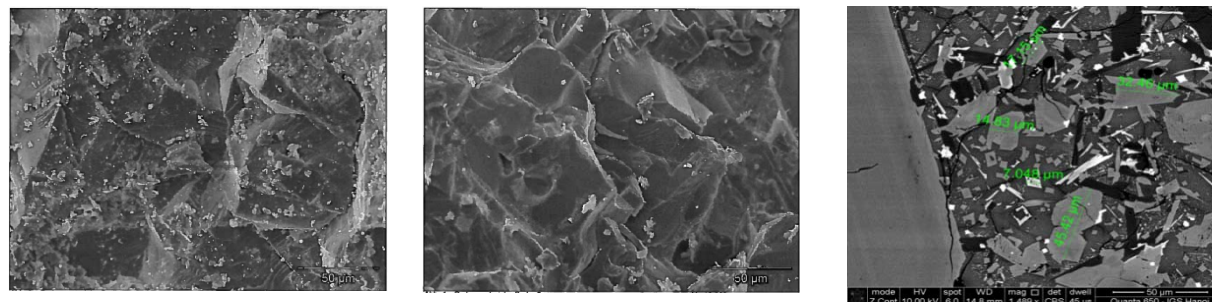
Ghi chú: Mẫu M11 được phân tích tại Viện Địa chất - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam; mẫu M12, M13 phân tích tại công ty CTY TNHH Xử lý chất thải và môi trường Đức.



Hình 4. Giản đồ XRD của mẫu puzolan



Hình 5. Giản đồ phân tích thành phần kim loại của mẫu puzolan



a, Ảnh quang học

b, Ảnh BSE

c, Ảnh SEM

Hình 6. Ảnh chụp để phân tích thành phần hóa học của puzolan tự nhiên

3.3 Độ hút vôi

Hoạt tính các mẫu puzolan tự nhiên và hoạt hóa nhiệt được đánh giá thông qua độ hút vôi. Kết quả thí nghiệm độ hút vôi của các mẫu cho

thấy độ hút vôi của mẫu puzolan tự nhiên không đồng đều, chỉ đạt độ hút vôi trung bình 38.78 mg CaO/g > 30 mg CaO/g (TCVN 3735: 1982).

Bảng 4. Kết quả phân tích độ hút vôi

Mẫu thí nghiệm	M21	M22	M23	M24	M25	Trung bình
Độ hút vôi (mg CaO/g)	22.96	38.54	51.64	25.13	55.65	38.78

4. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG GIA CỐ ĐẤT CỦA PUZOLAN TỰ NHIÊN ĐÁK NÔNG

Các nước trên thế giới có nguồn puzolan tự nhiên dồi dào đã nghiên cứu sử dụng loại vật liệu này kết hợp với một số chất kết dính trộn với vật liệu đất tại chỗ để xây dựng đường giao thông, công trình đất đắp. Một số tác giả đã nghiên cứu thành công sử dụng puzolan tự nhiên kết hợp vôi để gia cố đất sét yếu, đất dính như Khelifa và Mohamed (2009); Khelifa và nnk (2010); Khelifa và nnk (2011); Asson và Eugene (2014); Aref và nnk (2016). Mfinanga và Kamuhabwa (2008) đã tiến hành thí nghiệm tìm ra tỉ lệ trộn puzolan tự nhiên và vôi với đất; puzolan tự nhiên, vôi và thạch cao với đất để hỗn hợp đất gia cố đạt được cường độ yêu cầu xây dựng đường giao thông tại Tanzania. Kết quả nghiên cứu tìm ra cấp phối phù hợp là đất trộn với 10 đến 30% puzolan (theo khối lượng) và 2% vôi. Nếu thêm thạch cao sẽ làm cường độ kháng nén tăng lên đáng kể. Gaty và nnk (1994) báo cáo về sử dụng

puzolan tự nhiên để xây dựng nền và kết cấu mặt đường có cường độ thấp. Eriksen và nnk (2011), Olekambainei và Visser (2004) thông qua các thí nghiệm trong phòng xác định cường độ kháng nén, cường độ kháng cắt, mô đun đàn hồi, chỉ số CBR ở các độ tuổi 28, 90 và 180 ngày của hỗn hợp puzolan tự nhiên, vôi và đất. Kết quả cho thấy puzolan tự nhiên trộn với đất có thể dùng để xây dựng đường giao thông. Timothy và nnk (2007) cũng báo cáo về việc dùng puzolan để làm đường giao thông. Mateos (1977) đã thí nghiệm cường độ kháng nén tại độ tuổi 28 và 90 ngày của hỗn hợp đất cát trộn puzolan tự nhiên và nhựa đường. Kết quả cho thấy khối lượng riêng và cường độ hỗn hợp đất gia cố tăng lên rõ rệt. Hỗn hợp đất cát – puzolan tự nhiên – vôi có thể dùng để xây dựng nền đường, áo đường cho đường cao tốc và bãi đỗ xe. Vakili và nnk (2013) dùng puzolan tự nhiên trộn với xi măng để gia cố đất loại sét. Qua các kết quả nghiên cứu ở nước ngoài cho thấy, puzolan tự nhiên hoàn toàn có

thể kết hợp với vôi, xi măng để cải thiện các tính chất cơ lý của đất để xây dựng nền và kết cấu mặt đường giao thông, công trình đất đắp, nếu chất lượng puzolan đạt các yêu cầu trong ASTM C618-89.

Như phân tích ở trên, các mẫu puzolan lấy tại mỏ puzolan xã Quảng Phú tỉnh Đắk Nông có chất lượng đạt yêu cầu quy định trong TCVN 6882:2001, TCVN 3735:1982 và ASTM C618-89. Như vậy, kết quả phân tích ban đầu cho thấy chất lượng puzolan tự nhiên đủ chất lượng để gia cố đất. Các bước nghiên cứu tiếp theo của đề tài này gồm: (1) Phân tích chỉ tiêu cơ lý, khoáng hóa của vật liệu đất tại chỗ → (2) Thí nghiệm tìm ra cấp phối hợp lý: “đất – puzolan – xi măng – vôi/RoadCem” dựa trên các chỉ tiêu kháng nén, kháng kéo, mô đun đàn hồi, độ trương nở → (3) Thiết kế, thi công xây dựng mô hình đường GTNT thực nghiệm → (4) Biên soạn tiêu chuẩn cơ sở và định mức thi công đường GTNT bằng đất tại chỗ trộn puzolan tự nhiên và chất kết dính.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm thành phần hóa học, khoáng vật, độ hút vôi của

puzolan tự nhiên tỉnh Đắk Nông, đồng thời phân tích các kết quả nghiên cứu của nước ngoài về sử dụng puzolan tự nhiên để gia cố đất, từ đó đánh giá khả năng ứng dụng chúng trong gia cố đất. Kết quả cho thấy chất lượng của puzolan tự nhiên tại khu vực nghiên cứu đáp ứng các yêu cầu quy định trong TCVN 6882:2001, TCVN 3735:1982 và ASTM C618-89, đồng thời thỏa mãn các yêu cầu chất lượng để làm phụ gia bê tông và gia cố đất.

Nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào phân tích nghiên cứu tỷ lệ trộn giữa puzolan tự nhiên, đất tại chỗ và xi măng, để có cấp phối phù hợp nhất đáp ứng được yêu cầu gia cố đất tại chỗ để xây dựng đường giao thông và công trình đất đắp thủy lợi.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài độc lập cấp quốc gia “Nghiên cứu sử dụng puzolan tự nhiên trong xây dựng và bảo trì các công trình giao thông nông thôn, thủy lợi trên địa bàn tỉnh Đắk Nông”, mã số: ĐTĐL.CN-55/16, do Bộ Khoa học và Công nghệ giao Viện Thủy Công chủ trì thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 10379:2014. Gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ, hóa chất hoặc gia cố tổng hợp, sử dụng trong xây dựng đường bộ - Thi công và nghiệm thu, 2014.
- [2] PowerCem Technologies. Manual for working with RoadCem, 2009.
- [3] Vũ Bá Thao, Nguyễn Quốc Dũng, Phan Việt Dũng, Phạm Văn Minh. Nghiên cứu thực nghiệm sử dụng phụ gia Rovo và xi măng trộn với vật liệu đất tại chỗ để xây dựng mặt đường giao thông – Báo cáo tổng hợp đề tài hợp tác nghiên cứu giữa Viện Thủy công, Công ty PowerCem Technology Hà Lan và Công ty LSTW Cộng hòa liên bang Đức. Viện Thủy công, 2014.
- [4] ASTM C618-89. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Cancined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Concrete.
- [5] Mielenz, R.C., Mineral admixtures - history & background. Concrete International, V 5, No 8, Aug, pp 34-42, 1983.
- [6] A.M. Neville. Properties of concrete, 2001.

- [7] ACI CT-13. ACI Concrete Terminology - An ACI Standard, 2013.
- [8] Mehta, P. K.,. Natural Pozzolans: Supplementary Cementing Materials for Concrete. CANMET-SP-86-8E, Canadian Government Publishing Center, Supply and Services, Ottawa, Canada, K1A0S9, 1987.
- [9] Ruben Snellings, Gilles Mertens and Jan Elsen. Supplementary Cementitious Materials. Reviews in Mineralogy & Geochemistry, Vol. 74 pp, 2012.
- [10] 211-278.TCVN 3735:82. Phụ gia hoạt tính Puzolan.
- [11] TCXDVN 395:2007. Phụ gia khoáng cho bê tông đầm lăn.
- [12] 14 TCN 105:1999. Phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn cho bê tông và vữa - phân loại và yêu cầu kỹ thuật.
- [13] TCVN 6882:2001 về Phụ gia khoáng cho xi măng.
- [14] Nguyễn Ánh Dương. **Nguyên liệu khoáng hoạt tính từ một số đá phun trào axit và trung tính ở Việt Nam và ý nghĩa thực tiễn của chúng**, *Tạp chí các khoa học về trái đất*, 33^(3DB), pp 599-605, 2011.
- [15] ASTM C618-89. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Cancined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Concrete.
- [16] A.H.Vakili, M.R.Selamat, H.Moayed (2013). Effects of using Puzzolan and Porland cement in the treatment of dispersive clay. The Sientific World Journal. Volume 2013, Article ID 547615, Hindawi Publishing Corporation.
- [17] Aref al-Swaidania, Ibrahim Hammoudb, Ayman Meziabb (2016). Effect of adding natural pozzolana on geotechnical properties of lime-stabilized clayey soil. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Vol. 8, Issue 5, October 2016, Pages 714–725.
- [18] Asson Sifueli Malisa, Eugene Park (2014). Effect of Lime on Physical Properties of Natural Pozzolana from Same, Tanzania. International Journal of Engineering ReseaRoadCemh & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 11, November-2014.
- [19] Dr. Nathaniel (Nat) Fox (2010). Hydrated Lime and Lime-Cement Stabilization of the Soft, Wet, Plastic, Clayey Soils in Vietnam’s Mekong Delta Area Advantages and Lessons Learned. Geotechnical Workshop: Vietnam Geotechnical Day, 18th June, 2010.
- [20] Gaty W.Sharpe, Rohert C. Deen Herbert F. Southgate and Mark Anderson (1994). ReseaRoadCemh Report UKTRP-R4-23: Pavement Thickness Designs utilizing Low – Strength (Pozzolanic) Base and Subbase Materials. Transportation ReseaRoadCemh Program University of Kentucky Lexington, Kentucky.
- [21] K. Eriksen, W. Zhang, F. Thøgersen and R. A. Macdonald (2011). Feasibility of pozzolan – stabilised pavements in developing countries. Technology Transfer in Road Transportation in Africal: Arusha Internatinonal Conference Centre, Tanzania, May 23-25, 2011, pp.370-377.
- [22] Khelifa Harichane, Mohamed Ghrici (2009). Effect of combination of lime and natural pozzolana on the plasticity of soft clayey soils. 2nd International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering , 28-30 May 2009, Near East University, Nicosia, North Cyprus.
- [23] Khelifa Harichane, Mohamed Ghrici, Wiem Khebizi, Hanifi Missoum (2010). Effect of the Combination of Lime and Natural Pozzolana on the Durability of Clayey Soils. Electronic Journal of Geotechnical Engineering , Vol.15, pp.1194-1210.

- [24] Khelifa Harichane, Mohamed Ghrici, Said Kenai, Khaled Grine (2011). Use of natural pozzolana and lime for stabilization of Cohesive Soils, *Geotech Geol Eng*, 29: 759-769.
- [25] Mateos, M., (1977). Strength of natural pozzolan, lime and sand bituminous mixtures. *Transport and Road Research Laboratory*, 3141, p. 36-42
- [26] Mfinanga, D.L., and Kamuhabwa, M.L., (2008). Use of Natural Pozzolan in Stabilising Lightweight Volcanic Aggregates for Roadbase Construction. *International Journal of Pavement Engineering*, Volume 9, Issue 3, pp: 189-201.
- [27] Nguyễn Quốc Dũng, Ngô Anh Quân, Vũ Bá Thao và nnk (2016). Công nghệ RoadCem (Rovo) xây dựng đường giao thông nông thôn. *Tuyển tập hội thảo toàn quốc Hội cơ đất và Địa kỹ thuật công trình Việt Nam, 25/3/2016 Hà Nội*.
- [28] Nguyễn Hữu Trí và nnk (2015). Nghiên cứu công nghệ thích hợp phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn. *Đề tài độc lập cấp nhà nước, MS: ĐTĐL.2012-T/15*.
- [29] Olekambainei, A.K.E. and Visser, A.T. (2004). Pilot study results of the strength behaviour of aggregate – lime – natural Pozzolana mixes. *Proceedings of the 23rd Southern African Transport Conference (SATC 2004), 12 – 15 July 2004*.
- [30] PowerCem Technologies (2010). *Technical report design*. Page 12-13.
- [31] PowerCem Technologies (2009). *Manual for working with RoadCem*.
- [32] TCVN 10379:2014 *Gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ, hóa chất hoặc gia cố tổng hợp, sử dụng trong xây dựng đường bộ - Thi công và nghiệm thu*.
- [33] Timothy, T. Hensley, P.E. (2007). *Pozzolan Stabilized Subgrades*. Nebraska Department of Roads Research Project SPR-1 (06) 578.