

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG ĐƯỜNG GIAO THÔNG NÔNG THÔN BẰNG ĐẤT TẠI CHỖ GIA CỔ CHẤT KẾT DÍNH: XI MĂNG, ROADCEM, TRO BAY, TRO XI

Nguyễn Quốc Dũng, Ngô Anh Quân, Vũ Bá Thao  
Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Sử dụng vật liệu đất tại chỗ trộn với chất kết dính để xây dựng đường giao thông là giải pháp hữu hiệu để giảm giá thành công trình và tác hại môi trường. Bài báo giới thiệu quá trình nghiên cứu và áp dụng công nghệ xây dựng đường giao thông nông thôn (GTNT) bằng đất tại chỗ trộn với một số loại chất kết dính gồm: xi măng, phụ gia RoadCem (RC), tro bay, tro xỉ nhà máy nhôm, puzolan tự nhiên. Kết quả thí nghiệm cho thấy: (1) phụ gia RC có tác dụng tăng khả năng thủy hóa của xi măng khi tác dụng với hạt đất, nâng cao cường độ của hỗn hợp đất-xi măng-RC, đặc biệt là cường độ kháng kéo uốn; (2) tro bay, tro xỉ, puzolan tự nhiên có thể thay thế một phần xi măng để gia cố đất, đảm bảo yêu cầu xây dựng đường giao thông nông thôn và giảm giá thành xây dựng. Quá trình tiếp nhận và chuyển giao công nghệ, nguyên lý gia cố đất, một số công trình đường thử nghiệm, hiệu quả kinh tế và định hướng nghiên cứu sẽ được trình bày trong bài viết này.

**Từ khóa:** Đường giao thông nông thôn, Phụ gia RoadCem, Puzolan tự nhiên, Tro bay, Tro xỉ.

**Abstract:** Using the soil material at the site mixed with adhesives to build roads is an effective solution to reduce construction costs and environmental damage. This paper introduces the process of research and application of rural road construction technology with ON-SITE SOIL mixed with ADHESIVES including: RoadCem (RC), fly ash, ash of Aluminum factory and natural puzolan. (1) RoadCem has the effect of increasing the hydrolysis capacity of the cement when applied to the soil particles, improving the strength of RC-soil-cement, especially the bending strength; (2) fly ash, ash and natural puzolan can replace some cement, ensuring the requirement for rural roads and reducing the cost of construction. The process of receiving and transferring technology, land consolidation principles, some experimental road works, economic efficiency and research orientation will be presented in this article.

**Key words:** rural roads, roadcem, natural puzolan, fly ash, ash.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường giao thông nông thôn (GTNT) là yếu tố quan trọng, chiếm tỷ trọng kinh phí đầu tư lớn nhất trong việc đáp ứng các tiêu chí xây dựng nông thôn mới. Hiện nay phần lớn đường giao thông nông thôn đều làm bằng bê tông. Tuy nhiên, đường bê tông có hạn chế là hay bị nứt gãy do khả năng kháng nén thấp. Ngoài ra, việc

tiếp tục khai thác và sử dụng các nguồn vật liệu truyền thống này trong xây dựng đường sẽ làm cạn kiệt tài nguyên gây ảnh hưởng đến môi trường.

Phụ gia RoadCem (RC hay còn gọi là Rovo) của tập đoàn PowerCem B.V (Hà Lan) đã được ứng dụng rộng rãi để xây dựng đường giao thông bằng vật liệu đất tại chỗ [1]. Với phụ gia RC chiếm khoảng 2% kết hợp với chất kết dính thay đổi từ 6% đến 10% so với trọng lượng đất khô thì cường độ kháng nén một trục

---

Ngày nhận bài: 28/5/2018

Ngày thông qua phản biện: 22/6/2018

Ngày duyệt đăng: 10/7/2018

và mô đun đàn hồi của đất gia cố tăng rõ rệt, trong khi đó độ trương nở giảm.

Để có thể làm giảm giá thành xây dựng và giảm tác hại môi trường, đã có các nghiên cứu tận dụng nguồn puzolan tự nhiên để gia cố đất. Vấn đề này đã được nghiên cứu áp dụng thành công trên thế giới như Khelifa H. và nnk, 2012; Mfinanga D.L. và Kamuhabwa M.L., 2008[2], [3]. 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) [4], [5], [6], [7], [8], [9] 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) [10] báo cáo về sử dụng puzolan tự nhiên để xây dựng nền và kết cấu mặt đường có cường độ thấp.

Tại nước ta, năm 2007, 2015 công ty LSTW của Đức đã dùng công nghệ RC thi công 4 km đường nối từ Quốc lộ 6 đến trụ sở nông trường Vạn Xuân, Mộc Châu, Sơn La (2007) và 1,5 km đường giao thông nối thôn nối thôn Xuân Đào và thôn Tân Xuân xã Lương Tài (2015). Các công trình đến nay vẫn giữ được chất lượng tốt.



Hình 1: Đường vào nông trường Vạn Xuân  
Ảnh chụp tháng 5/2013 (6 năm sau đầu tư)



Hình 2: Đường Xuân Đào, Tân Xuân, Lương Tài  
Ảnh chụp tháng 3/2018 (3 năm sau đầu tư)

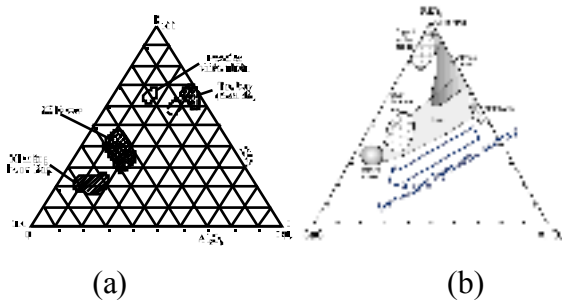
Sau công trình thử nghiệm tại Mộc Châu, Viện Thủy công bắt đầu nghiên cứu thực nghiệm trong phòng đánh giá cường độ kháng nén, kháng kéo khi uốn, mô đun đàn hồi và biến dạng phá hủy của hỗn hợp đất tại chỗ trộn với chất kết dính và các loại phụ gia. Kết quả thực nghiệm trong phòng cho thấy, hỗn hợp vật liệu đã tăng được cường độ kháng kéo. Kết quả này mở ra khả năng ứng dụng công nghệ sử dụng đất tại chỗ gia cố chất kết dính (xi măng, RC, tro bay và tro xỉ) để xây dựng đường GTNT tại nước ta.

## 2. NGUYÊN LÝ GIA CỐ ĐẤT CỦA CÁC CHẤT KẾT DÍNH ĐỂ LÀM ĐƯỜNG GIAO THÔNG

### 2.1. Cơ chế gia cố đất của xi măng, vôi, tro bay, tro xỉ và puzolan tự nhiên

Các chất kết dính vô cơ có thể dùng để gia cố đất làm đường giao thông gồm xi măng, vôi thủy hóa, tro bay, xỉ lò cao, Puzolan thiên nhiên, v.v... Thành phần chủ yếu của các chất liên kết vô cơ gồm có  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{CaO}$  dưới dạng tinh thể và vô định hình. Tùy theo hàm lượng cụ thể của các thành phần trên đây mà vị trí của các chất liên kết này biểu thị trên tọa độ tam giác (với ba cạnh là  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sẽ khác nhau, xem Hình 3a [11], [12] tổng hợp của các nhà nghiên cứu trước đây để đưa ra biểu đồ tam giác như hình 3b. Theo đó, hoạt tính thủy hóa của các chất kết dính vô cơ

tăng dần theo thứ tự sau: đất cao lanh (metakaolin), muội silic (silica fume), các loại tro hữu cơ (organic matter ashes), Puzolan thiên nhiên (volcanic rocks) → tro bay (fly ash), xỉ lò cao (blast furnace slag) → xỉ măng póoclăng. Nói chung các chất phụ gia vô cơ hoạt tính đã nêu trên đây đều có chứa SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vô định hình nên có thể tác dụng với vôi ở nhiệt độ bình thường để trở thành chất liên kết hỗn hợp rắn trong nước.

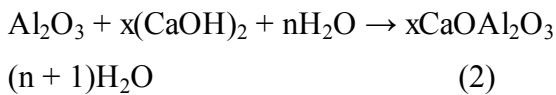
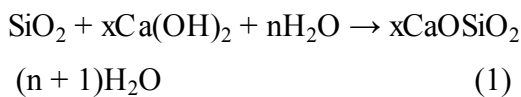


Hình 3. Biểu thị thành phần các chất liên kết vô cơ trên toạ độ tam giác đều.

(a) Theo Nguyễn Quang Chiêu và Phạm Huy Khang (2012)[11]; (b) Theo Ruben Snellings và nnk (2012) [12].

Một số quá trình xảy ra khi gia cố đất như sau:

**Quá trình hóa học:** là quá trình hydrat hóa các hạt xi măng, quá trình trao đổi ion giữa các ion của lớp điện kép của sét và ion trong môi trường làm cho đất sét trở nên cứng, có cấu trúc kết tinh. Phương trình phản ứng như sau:



Quá trình silicat canxi hóa, aluminat canxi hóa bên trên là quá trình rất quan trọng trong gia cố đất để tạo kiến trúc kết tinh của đất, và nó còn có tác dụng liên kết các hạt trong đất rất tốt. Các quá trình này xảy ra từ từ trong đất gia cố cho nên đất gia cố vôi, tro bay, Puzolan phải được nén chặt và giữ độ ẩm tốt nhất trong một thời gian nhất định.

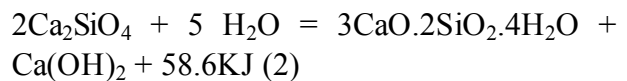
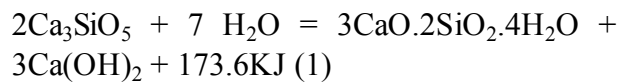
**Quá trình hóa lý:** là qua trình trao đổi ion giữa sét và ion trong môi trường, là sự hấp thụ phân tử các chất từ trong các dung dịch trên bề mặt phân cách các pha, sự đông tụ các hạt sét và hạt keo tạo nên đất gia cố vững bền hơn.

**Quá trình lý hóa và cơ học:** Việc làm to nhỏ đất tạo đóng vai trò quan trọng tạo nên cấp phối tốt giữa đất, xỉ măng, vôi, tro bay hoặc Puzolan. Trong điều kiện đầm ở độ ẩm tốt nhất, kích thước hạt đất được xới to càng nhỏ thì càng tăng diện tích tiếp xúc bề mặt hạt đất với các chất kết dính, tăng khả năng liên kết và từ đó tăng khả năng đầm chặt và tăng cường độ đất gia cố. Do vậy, thiết bị thi công làm xới to, đều và nhỏ đất đóng vai trò then chốt đối với hiệu quả gia cố đất.

## 2.2. Cơ chế gia cố đất của RC và xi măng

**Hạn chế của quá trình thủy hóa xi măng**

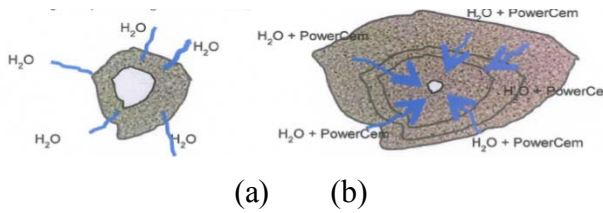
Khoáng C<sub>3</sub>S (gồm Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub> hoặc 3CaO.SiO<sub>2</sub>) và C<sub>2</sub>S (gồm Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> hoặc 2CaO.SiO<sub>2</sub>) là hai khoáng quyết định đến tốc độ thủy hóa và cường độ của xi măng [1]. Khi trộn nước vào xi măng sẽ xảy ra các phản ứng hydrat hóa như sau:



**Vai trò của RC trong quá trình thủy hóa xi măng**

(1) Sự có mặt của RC trong hỗn hợp xi măng và đất làm cho nước thâm nhập sâu hơn vào trung tâm hạt xi măng. Điều này giúp cho quá trình phản ứng của các khoáng C<sub>3</sub>S và C<sub>2</sub>S triệt để hơn, tức là thể tích vùng không có phản ứng thủy hóa giảm đi như thể hiện trên Hình 4. Trong quá trình phản ứng sẽ tạo thành các lưới tinh thể. Các tinh thể này xâm nhập và phát triển trong các lỗ rỗng của đất. Điều đó làm cho hỗn hợp đất-xi măng giảm tính thấm và tăng cường độ. Việc giảm độ rỗng do tăng lượng tinh thể cấu trúc làm tăng khả năng chịu

nén, tính đàn hồi và khả năng chống phá vỡ của đất gia cố.



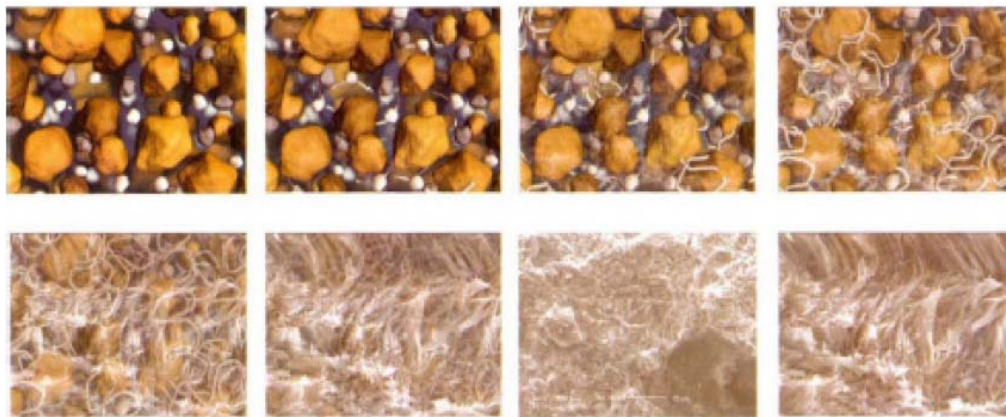
○ Vùng không có phản ứng

Hình 4. Sơ họa cơ chế phản ứng thủy hóa

. (a) chỉ có xi măng, (b) có thêm RC [1]

(2) Khi có mặt phụ gia RC sự tương tác và kết dính giữa các vật liệu dạng hạt và vữa được cải thiện. Trong trường hợp hỗn hợp chỉ có xi măng và đất, quá trình thủy hóa rất kém do hạt

sét bị bao bọc bởi một màng cản nước tiềm ẩn bao quanh bề mặt. Lượng nước dư thừa và các sản phẩm thủy hóa của xi măng sẽ tạo ra những liên kết dễ gãy. Khi xuất hiện lực kéo tác dụng lên vật liệu gia cố, các vết nứt sẽ xuất hiện ngay lập tức tại những điểm liên kết này. Tuy vậy, khi hỗn hợp gia cố có thêm RC, RC tác dụng với lượng nước dư thừa đó để tạo ra các cấu trúc tinh thể dạng sợi. Cấu trúc tinh thể làm cho khả năng liên kết tốt hơn giữa các hạt đất và vữa. Từ đó, làm tăng cường độ chịu kéo của hỗn hợp đất gia cố. Ngoài ra, RC còn có tác dụng tăng phản ứng thủy hóa của xi măng khi gia cố đất chứa hàm lượng hữu cơ cao, tức là trong môi trường có độ pH thấp, từ đó tăng cường độ của đất gia cố.



Hình 5. Quá trình phát triển liên kết dạng sợi của đất gia cố bằng xi măng và RC [1]

### 3. CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG GTNT XÂY DỰNG BẰNG ĐẤT GIA CỐ XI MĂNG VÀ RC

#### 3.1. Giới thiệu công trình thử nghiệm

Trong năm 2013 tập đoàn PowerCem Technology và công ty LSTW Freiberg đã đào tạo cán bộ cho Viện thủy công trong việc khảo sát thiết kế, xây dựng dự thảo tiêu chuẩn kỹ thuật và đặt vấn đề cho việc thi công thử nghiệm thực tế. Sau hơn 2 năm trao đổi và hợp tác về mặt kỹ thuật, đầu năm 2015 Viện Thủy công và Công ty LSTW đã ký kết thỏa thuận hợp tác chuyển giao công nghệ và xây dựng thí điểm tuyến đường mẫu GTNT bằng công

nghệ RC tại xã Lương Tài, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên.

Với hai công trình thử nghiệm năm 2007, 2015 công ty LSTW của Đức cùng tập đoàn PowerCem B.V đã đồng hành và đưa sang Việt Nam hai thiết bị công nghệ để tổ chức thi công.

Tuyến đường GTNT liên thôn nối thôn Xuân Đào và thôn Tân Xuân xã Lương Tài có chiều dài 1.450 m. Hiện trạng mặt đường bằng đất lẫn gạch vỡ, xỉ than, bề rộng đường khoảng từ 3,5m đến 4,0m. Tuyến đường hiện đang xuống cấp nghiêm trọng nên hoạt động giao thông trong vùng rất khó khăn.



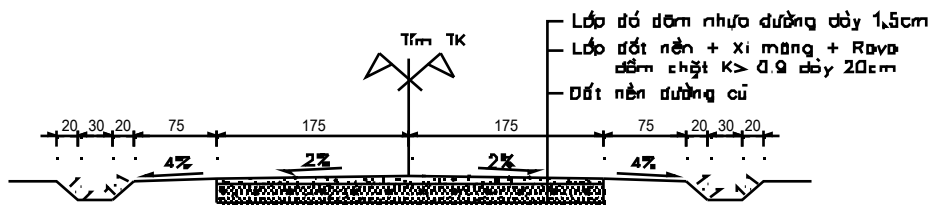
Năm 2007



Năm 2015

Thiết bị thi công đường bằng công nghệ RC

Sau khi khảo sát, nghiên cứu tính toán, thiết kế đã lựa chọn kết cấu và kích thước đường thể hiện trên hình 6. Trong đó chiều dày của nền đường làm bằng đất gia cố xi măng và RC:  $h = 20$  cm; với tải trọng xe thiết kế  $> 10$  tấn



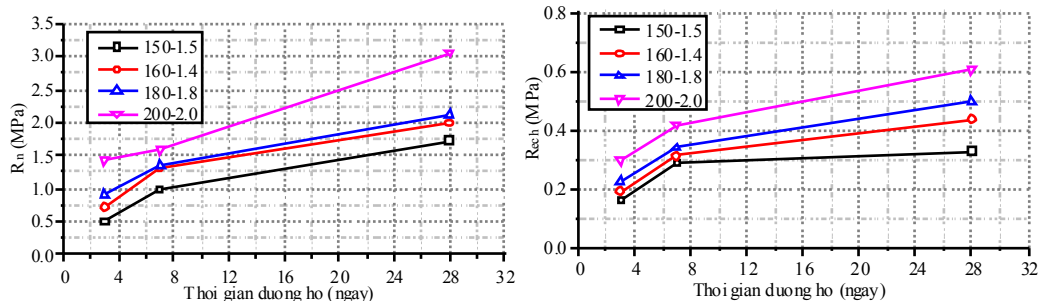
Hình 6. Mặt cắt ngang mặt đường

3.2. Thí nghiệm lựa chọn cấp phối mặt đường



(a) Trộn đất và chất kết dính (b) Tạo mẫu nén (c) Tạo mẫu kéo uốn

Hình 7. Thí nghiệm xác định cường độ hỗn hợp đất-xi măng - RC



Hình 8. Kết quả thí nghiệm trong phòng cường độ của đất gia cố theo độ tuổi và các hàm lượng  $X-R=150-1,5; 160-1,4; 180-1,8; 200-2,0$ . Đơn vị:  $kg/m^3$  khối đất khô.

Cường độ của hỗn hợp đất gia cố xác định bằng thí nghiệm trong phòng (hình 7 và hình 8), tỷ lệ hợp lý giữa đất, xi măng và RC được lựa chọn lần lượt là  $160 \text{ kg/m}^3$  và  $1,4 \text{ kg/m}^3$  trong một mét khối đất khô. Cường độ kháng nén trung bình  $R_n^{28} = 2,0 \text{ MPa}$ , cường độ kháng kéo uốn  $R_{ku}^{28} = 0,8 \text{ MPa}$ , Mô đun đàn hồi  $E^{28} = 350 \text{ MPa}$ . Theo 22 TCN 211-06, cường độ ép chẻ được tính quy đổi từ cường

độ kéo uốn theo công thức:  $R_{ku} = K_n \cdot R_{ech}$ , hệ số quan hệ thực nghiệm  $K_n = 1,6-2,0$  đối với vật liệu gia cố vô cơ và  $K = 2,0$  với vật liệu có liên kết hữu cơ. Trong nghiên cứu này chọn  $K_n = 1,8$  để tính toán quy đổi cường độ ép chẻ  $R_{ech}^{28bh} = 0,44 \text{ MPa}$ . Căn cứ chỉ số CBR nền đường tại hiện trường; tải trọng và lượt xe; cường độ đất gia cố ứng với hàm lượng hợp lý đã chọn, tính toán được chiều dày lớp đất gia cố là 20cm.

**Bảng 1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm cường độ đất gia cố**

Cấp phối ( $\text{kg/m}^3$ đất khô)	$R_n^{7bh}$ (MPa)	$R_n^{28bh}$ (MPa)	$R_{ech}^{28bh}$ (MPa)	$E^{28bh}$ (MPa)
<i>Thí nghiệm lựa chọn cấp phối (ngâm bão hòa)</i>				
X:R=150-1,5	1,0	1,6	0,33	280
X:R=160-1,4	1,3	2,0	0,44	350
X:R=180-1,8	1,4	2,3	0,50	380
X:R=200-2,0	1,6	3,0	0,61	450
<i>Thí nghiệm kiểm tra sau khi thi công</i>				
Ngâm bão hòa	1,8	4,63	1,18	525
Không ngâm BH	2,5	6,95	1,64	630
TCVN 10379-2014	0,5/1,0/2,0 <sup>(*)</sup>	1,0/2,0/3,0 <sup>(*)</sup>	0,0/0,8/1,2 <sup>(*)</sup>	200/350/400 <sup>(*)</sup>
Nhận xét	Tất cả các chỉ tiêu cường độ khi thí nghiệm kiểm tra đều cao hơn cường độ thiết kế, đồng thời đều đạt cấp độ bền cấp II trở lên.			

(\*)Ba trị số theo ba cấp độ bền I, II, III

### 3.3. Quy trình thi công công nghệ gia cố đất tại chỗ làm đường giao thông

Một số hình ảnh thi công thể hiện trên Hình 9. Quy trình thi công bao gồm 11 bước chủ yếu sau:

- (1) Bước 1: Tạo phẳng nền đường bằng máy ủi, máy xúc.
- (2) Bước 2: Cắm mốc chia đoạn thi công theo hồ sơ thiết kế.
- (3) Bước 3: Rải RC theo tỷ lệ đã định ở các ô thi công.
- (4) Bước 4: Phay trộn lần 1: đất + RC, chiều sâu phay 2/3 chiều sâu thiết kế. Lưu ý công tác phun

nước tưới ẩm trong quá trình trộn đất + RC.

- (5) Bước 5: San phẳng bề mặt bằng thủ công.
- (6) Bước 6: Lu tạo phẳng 1 lượt (đất + RC).
- (7) Bước 7: Rải xi măng theo tỷ lệ đã định ở các ô thi công.
- (8) Bước 8: Phay trộn lần 2 (Đất + RC + Xi măng) theo chiều sâu thiết kế.
- (9) Bước 9: Lu tạo phẳng bề mặt.
- (10) Bước 10: Tưới nước bảo dưỡng bề mặt 4 tiếng/lần trong 7 ngày sau thi công.
- (11) Bước 11: Công tác hoàn thiện làm mặt đường bằng 2 lớp đá dăm láng nhựa đường.



(a) Đường nguyên trạng



(b) Máy phay tơi đất



(c) Rải và trộn xi măng với đất



(d) Đúc mẫu hiện trường



(e) Sau khi lu lèn



(f) Hoàn thành

Hình 9. Hình ảnh thi công đường bằng phụ gia RC tại xã Lương Tài tỉnh Hưng Yên

### 3.4. Thí nghiệm kiểm định đường

Kết quả thí nghiệm kiểm định thể hiện trong Bảng 1. Một số đường cong quan hệ ứng suất – biến dạng từ kết quả nén một trục nở hông trong hai điều kiện bão hòa và không bão hòa thể hiện trên Hình 10. Cường độ kháng nén, kháng kéo và mô đun đàn hồi đều cao hơn giá trị thiết kế và thí nghiệm cấp phối trước khi thi công, đồng thời đạt yêu cầu theo TCVN 10379-2014. Tỷ lệ cấp phối 160 kg xi măng và 1,4kg RC trong 1 m<sup>3</sup> đất là hợp lý để tạo thành lớp đất gia cố mặt đường thỏa mãn độ bền cấp II quy định tại TCVN 10379-2014,

tức  $R_n^{7bh} = 1,8 \text{ MPa} \geq [1,0 \text{ MPa}]$ ,  $R_n^{28bh} = 4,63 \text{ MPa} \geq [2,0 \text{ MPa}]$ ,  $R_{ech}^{28bh} = 1,18 \text{ MPa} \geq [0,8 \text{ MPa}]$ ,  $E = 525 \text{ MPa} \geq [350 \text{ MPa}]$ . Kết quả thí nghiệm với các tỷ lệ cấp phối khác trong nghiên cứu này có thể tham khảo cho các công trình tương tự.

Cường độ của lớp đất gia cố xi măng và RC thực tế cao hơn kết quả thí nghiệm trong phòng trước khi thi công, điều này có thể do đất nền đường cũ có lẫn gạch vụn kích thước lớn, đường kính từ 3 cm đến 8 cm, máy phay nghiền nhỏ được khi thi công tại hiện trường nhưng khi lấy mẫu đất để thí nghiệm cấp phối

thì loại bỏ gạch vụn. Các mảnh gạch vụn sau khi được phay nhỏ, đường kính khoảng 1 cm

đến 2 cm, có vai trò như cốt liệu làm tăng cường độ cho đất gia cố.



a) Thí nghiệm CBR

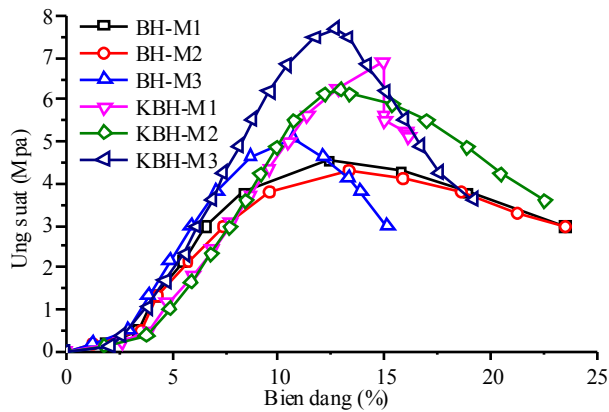


b) Khoan mẫu



c) Gia công mẫu

Hình 10. Hình ảnh khoan mẫu và thí nghiệm đánh giá kiểm định chất lượng đường



Hình 11. Quan hệ ứng suất - biến dạng trong kết quả nén một trục nở hông (BH: ngâm bão hòa, KBH: không ngâm bão hòa)

#### 4. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG ĐƯỜNG GTNT BẰNG ĐẤT GIA CỐ PUZOLAN VÀ CÁC CHẤT KẾT DÍNH

Puzolan tự nhiên là vật liệu chứa SiO<sub>2</sub> hoặc chứa SiO<sub>2</sub> và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> có ít hoặc không có tính chất kết dính, nhưng khi được nghiền mịn và trong môi trường ẩm ướt thì có phản ứng hóa học với Ca(OH)<sub>2</sub> ở nhiệt độ thường để tạo thành các hợp chất có tính dính kết [14].

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 [15], [16].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 [17].Vakili và nnk (2013) dùng puzolan tự nhiên trộn với xi măng để gia cố đất loại sét [18].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.

##### 4.1. Nghiên cứu sử dụng puzolan tự nhiên xây dựng đường GTNT tại tỉnh Đắk Nông

###### Giới thiệu mô hình đường thử nghiệm

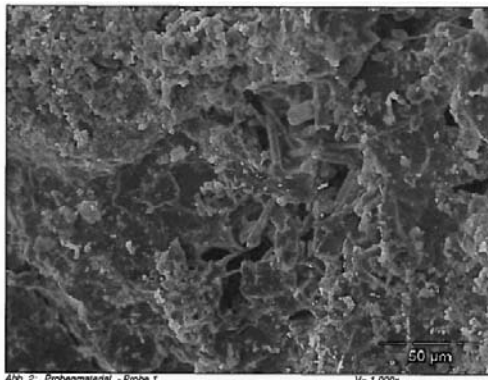
Nội dung nghiên cứu là thiết kế, thi công và đánh giá chất lượng 01 đoạn mặt đường giao thông nông thôn dài 2000,0 m, rộng 3,0 m, đạt tiêu chuẩn đường loại A, với các loại kết cấu mặt đường xây dựng bằng các cấp phối khác nhau. Sau khi có kết quả đánh giá chất lượng đường, phân tích hiệu quả kinh tế-kỹ thuật, đề tài sẽ kiến nghị sử dụng loại kết cấu phù hợp để áp dụng đại trà, nhằm mục tiêu tận dụng được nguồn Puzolan tự nhiên của địa phương và vật liệu tại chỗ.



Các kết cấu mặt đường dự kiến gồm hai lớp : Lớp mặt đường láng nhựa nhũ tương 3 lớp dày 3,5cm, lớp cấp phối lớp dưới (nền) dày 20cm chịu tải trọng <10 tấn. Lớp nền sử dụng đất tại chỗ sau khi phay trộn với các cấp phối như sau: Puzolan (P), Xi măng (X), Vôi (V); P, X, V và cốt sợi, P, X và RC

#### Công tác thí nghiệm

Mẫu puzolan lấy tại mỏ puzolan xã Quảng Phú tỉnh Đắk Nông (Hình 12a) được Phòng thí nghiệm và phân tích và kiểm tra vật liệu Plausiger Dorfstrase 12 Cty TNHH MPA của



(a) Phân tích thành phần hóa học

Đức tiến hành các thí nghiệm sau: (1) Bề mặt mẫu puzolan được quan sát nhờ phương pháp hiển vi điện tử quét SEM (Hình 12b); (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 natri hydroxid Na và Ca.

Parameter	Elemental Probe 1 (c. 50kV 12°)	Elemental Probe 2 (c. 50kV 16°)
C	-	-
MgO	3,08	4,56
MgTi	0,36	9,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,68	13,93
SiO <sub>2</sub>	43,04	41,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,61	0,79
SiC <sub>3</sub>	-	-
Cl	0,09	0,12
K <sub>2</sub> O	1,89	2,49
CaO	~0,01	9,93
TiO <sub>2</sub>	2,16	2,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,82	15,1

(b) Kết quả phân tích thành phần hóa học

Hình 12. Một số kết quả thí nghiệm ban đầu về puzolan tự nhiên ở tỉnh Đắk Nông

Thành phần chủ yếu là các oxit silicium, oxit aluminium và oxit sắt. Tổng hàm lượng  $Si_2O+Fe_2O_3+Al_2O_3$  là 73% (Hình 4d), lớn hơn giá trị yêu cầu theo tiêu chuẩn ASTM C618-89 là 70%. Không chứa hàm lượng hữu cơ. Hàm lượng các thành phần thủy tinh khá cao nên có thể cho rằng các mẫu đá bazan uzolan 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.

Các bước nghiên cứu tiếp theo gồm: (1) Phân tích chỉ tiêu cơ lý, khoáng hóa của vật liệu đất tại chỗ → (2) Thí nghiệm tìm ra cấp phối tối ưu: “đất -P-X-V/RC” 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.

#### 4.2. Nghiên cứu xây dựng đường đường GTNT sử dụng tro xỉ nhà máy nhôm tỉnh Đắk Nông

Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Đắk Nông giao Viện Thủy công thực hiện đề tài: Nghiên cứu đề xuất ứng dụng các giải pháp khoa học công nghệ trong việc tái sử dụng tro xỉ nhà máy Công ty nhôm Đắk Nông phục vụ xây dựng công trình hạ tầng nông thôn trên địa bàn tỉnh Đắk Nông. Mục tiêu chính của đề tài là:

Đề xuất và ứng dụng được các giải pháp khoa học công nghệ trong việc tái sử dụng tro xỉ nhà máy Công ty nhôm Đắk Nông phục vụ xây dựng công trình hạ tầng nông thôn trên địa bàn tỉnh Đắk Nông phục vụ phát triển bền vững và giảm thiểu tác hại môi trường.

Trong khuôn khổ đề tài sẽ xây dựng một mô hình đường giao thông sử dụng tro xỉ. Thông số của mô hình đường: chiều dài 100,0 m, rộng 3,0 m, đạt tiêu chuẩn đường loại B, với các loại kết cấu mặt đường xây dựng bằng các cấp phối khác nhau. Sau khi có kết quả đánh giá chất lượng đường, phân tích hiệu quả kinh

tế-kỹ thuật, đề tài sẽ kiến nghị sử dụng loại kết cấu phù hợp để áp dụng đại trà, nhằm mục tiêu tận dụng được nguồn tro xỉ từ nhà máy nhôm Đắk Nông và vật liệu tại chỗ.

Định hướng thử nghiệm các kết cấu mặt đường sử dụng tro xỉ như sau: Đoạn 1: Thử nghiệm dùng tro xỉ hạt mịn thay cát để làm bê tông mặt đường; Đoạn 2: Thử nghiệm dùng tro xỉ thay cát và tác dụng của cốt sợi để giảm nứt và tăng cường độ kháng kéo của bê tông tro xỉ; Đoạn 3: Thử nghiệm dùng tro xỉ thay cát và tro bay thay thế xi măng để làm bê tông mặt đường.



Hình 13. Thử nghiệm CBR nền đường và khảo sát nguồn tro xỉ nhà máy Nhôm Đắk Nông

## 5. KẾT LUẬN

- Xu hướng trên thế giới ngày càng có nhiều nghiên cứu thành công các loại phụ gia trộn với đất tại chỗ, phụ gia sử dụng puzolan thiên nhiên kết hợp với vôi, xi măng, thạch cao để xây dựng nền và mặt đường giao thông. Với ưu điểm tận dụng được nguồn nguyên liệu địa phương như puzolan thiên nhiên để thay thế các vật liệu trong xây dựng công trình bê tông và công trình đất sẽ góp phần giảm thiểu tác hại môi trường do giảm khí thải CO<sub>2</sub> khi sản xuất xi măng; giảm chi phí vận chuyển xi măng và cốt liệu truyền thống như cát, đá; giảm giá thành xây dựng do giá puzolan thấp hơn xi măng; và thúc đẩy phát triển kinh tế địa phương.

- Công nghệ làm mặt đường sử dụng phụ gia kết hợp đất tại chỗ thích hợp với loại đường

GTNT vì tận dụng được vật liệu đất tại chỗ, không cần dùng đến cốt liệu đá; tận dụng được nhân công địa phương không qua đào tạo. Giá thành xây dựng giảm khoảng 15% so với đường bê tông, giá thành còn giảm được nhiều hơn đối với công trình đường không có sẵn vật liệu xây dựng đường truyền thống như cát, đá, hoặc phải vận chuyển từ xa đến.

- Phụ gia RC có tác dụng tăng khả năng thủy hóa của xi măng khi tác dụng với đất, tạo thành liên kết dạng sợi có khả năng nâng cao cường độ kháng kéo của đất gia cố. Cường độ của kết cấu mặt đường gia cố đất - xi măng - RC tại công trình thử nghiệm đạt yêu cầu thiết kế và quy định trong tiêu chuẩn TCVN 10379-2014, độ bền được khẳng định qua hai công trình đã xây dựng tại Việt Nam.

- Với các thiết bị thi công sẵn có và áp dụng

công nghệ thì có thể thi công khoảng 300m đường được hoàn thiện trong một ngày, sau khi thi công có thể cho phép xe tải trọng nhẹ lưu thông. Về mặt mỹ quan, đường đẹp hơn so với đường bê tông thông thường, độ êm thuận cao hơn do không phải bố trí các khe nối như trên mặt đường bê tông. Về yêu cầu bảo dưỡng, điều kiện bảo dưỡng mặt đường thuận lợi do việc sử dụng vật liệu liên kết tạo tính liền khối, cường độ đảm bảo, chống

thấm nước tốt, ít phát sinh hư hỏng đồng thời trong trường hợp nếu có các hư hỏng nhỏ thì việc sửa chữa đơn giản hơn so với mặt đường bê tông.

Các kết quả thi công chuyển giao công nghệ thực tiễn này là một trong những cơ sở khoa học cho việc ứng dụng công nghệ làm đường GTNT bằng đất trộn xi măng với các loại phụ gia khác trên thị trường Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PowerCem Technologies (2010). Technical report design. Page 12-13.
  - [2] Khalid Farrag. Modification of the Clegg hammer as an alternative to nuclear density gauge to determine soil compaction, U.S. Environmental protection agency radiation protection division, 2006.
  - [3] Mathur, T. S., and Coghlan, G. T. The use of the Clegg impact tester in managing and designing aggregate-surfaced roads. Transportation Research Board, 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Low-Volume Roads, 1, Washington, D.C., 232–236, 1987.
  - [4] 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.
  - [5] 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.
  - [6] 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.
  - [7] Asson Sifueli Malisa, Eugene Park (2014). Effect of Lime on Physical Properties of Natural Pozzolana from Same, Tanzania. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181, Vol. 3 Issue 11, November-2014.
  - [8] 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.
  - [9] 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.
- Mielenz, R.C., (1983). Mineral admixtures - history & background. Concrete International, V 5, No 8, Aug, pp 34-42.

- [10] Gaty W.Sharpe, Rohert C. Deen Herbert F. Southgate and Mark Anderson (1994). Research Report UKTRP-R4-23: Pavement Thickness Designs utilizing Low – Strength (Pozzolanic) Base and Subbase Materials. Transportation Research Program University of Kentucky Lexington, Kentucky.
- [11] Nguyễn Quang Chiêu, Phạm Huy Khang (2006). Xây dựng mặt đường ô tô. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [12] Ruben Snellings, Gilles Mertens and Jan Elsen (2012). Supplementary Cementitious Materials. Reviews in Mineralogy & Geochemistry, Vol. 74 pp. 211-278.
- [13] 22 TCN 211-6, Áo đường mềm- các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế, bộ giao thông vận tải, 2006.
- [14] ASTM C618-89. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Cancined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Concrete.
- [15] 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.
- [16] 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, ISBN Number: 1-920-01723-2.
- [17] Mateos, M., (1977). Strength of natural pozzolan, lime and sand bituminous mixtures. Transport and Road Research Laboratory, 3141, p. 36-42
- [18] A.H.Vakili, M.R.Selamat, H.Moayedi (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.