



ASSESSMENT OF THE ROLE OF POLYMER ADDITIVE IN TRACK BED REINFORCEMENT BY CEMENT IN IMPROVING THE BEARING CAPACITY

Tran Quoc Dat^{1,*}, Nguyen Thanh Minh¹, Trong Kien Duong²

¹University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²University of Transport Technology, No 3 Trieu Khuc Street, D. Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 08/03/2021

Revised: 25/05/2021

Accepted: 27/05/2021

Published online: 15/06/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.5.12>

*Corresponding author

Email: dattq@utc.edu.vn; Tel: 0904895218

Abstract. The application of inorganic binders in soil reinforcement has been widely used in traffic construction in Vietnam. On the other hand, polymer materials are also used in civil construction and in the production of construction materials, for example, the polymer additives used in cement-reinforced soil are also initially researched to pilot on some rural roads. However, the application of inorganic polymer additives in railway reinforcement with respect to its practical characteristics of working conditions and load has not been carried out in Vietnam yet. Here, we introduces the first research on the use of polymer additive in the railway reinforcement by cement on the Hanoi - Dong Dang route, where many locations of the bed of railway are damaged due to the large swelling of the soil and poor bearing capacity. Based on the experimental studies in the laboratory on soil samples taken at the bed of track, the effect of polymer additives on the improvement of physical and mechanical properties related to the bearing capacity of railway bed has been evaluated. From that, we proposed the suitable mixture of cement content and polymer additives in order to improve the bearing capacity of the railway bed in the studied area to achieve the specified technical standards.

Keywords: track bed, polyme admixture, cement-reinforced soil, Geostab.



ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CỦA PHỤ GIA POLYME TRONG VIỆC GIA CỐ ĐẤT BẰNG XI MĂNG ĐỂ NÂNG CAO SỨC CHỊU TẢI NỀN ĐƯỜNG SẮT

Trần Quốc Đạt^{1,*}, Nguyễn Thanh Minh¹, Trọng Kiên Dương²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải, Số 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 08/03/2021

Ngày nhận bài sửa: 25/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 27/05/2021

Ngày xuất bản Online: 15/06/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.5.12>

*Tác giả liên hệ

Email: dattq@utc.edu.vn; Tel: 0904895218

Tóm tắt. Hiện nay việc ứng dụng chất kết dính vô cơ trong gia cố đất đã được sử dụng phổ biến trong xây dựng giao thông ở Việt Nam. Mặt khác, vật liệu polyme cũng được sử dụng trong xây dựng dân dụng và sản xuất vật liệu xây dựng, chẳng hạn các phụ gia polyme dùng trong đất gia cố xi măng cũng bước đầu được nghiên cứu và ứng dụng thí điểm trên một số công trình đường giao thông nông thôn. Tuy vậy, việc ứng dụng phụ gia polyme trong gia cố nền đường sắt, với những đặc trưng của nó về điều kiện làm việc và tải trọng, hiện còn rất mới mẻ và chưa được nghiên cứu tại Việt Nam. Bài báo giới thiệu những kết quả nghiên cứu bước đầu về việc sử dụng phụ gia polyme trong gia cố nền đường sắt bằng xi măng trên đoạn tuyến Hà Nội – Đồng Đăng, đây là đoạn tuyến xuất hiện nhiều vị trí nền đường bị phá hoại do đất có độ trương nở lớn, sức chịu tải kém. Trên cơ sở các nghiên cứu thực nghiệm trong phòng thí nghiệm đối với mẫu đất đắp nền đường trên tuyến để đánh giá ảnh hưởng của phụ gia polyme trong việc cải thiện các chỉ tiêu cơ lý liên quan đến sức chịu tải cho nền đường sắt. Từ đó, chúng tôi đề xuất lựa chọn hàm lượng xi măng và phụ gia polyme phù hợp để nâng cao sức chịu tải cho nền đường khu vực nghiên cứu đạt được các tiêu chuẩn kỹ thuật quy định.

Từ khóa: Nền đường sắt, phụ gia polyme, đất gia cố xi măng, Geostab.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên các tuyến đường sắt hiện nay ở Việt Nam diễn ra tương đối phổ biến sự phá hoại của mặt nền đường sắt với sự thâm nhập của đá dăm xuống dưới nền đất. Có nhiều nguyên

nhân gây ra sự phá hoại nền đường, có thể do nền đường bị mềm hóa khi bị đọng nước lâu ngày làm giảm độ cứng, có thể do trước đây nền đường được đắp bằng loại vật liệu chưa phù hợp, làm giảm sức chịu tải của nền đường sắt [1,2]. Trong thời gian gần đây, do yêu cầu nâng cao tốc độ chạy tàu và tải trọng đoàn tàu đã làm tăng áp lực của lớp đá ba lát lên nền đất, điều này đòi hỏi phải cải tạo nền đường sắt để nâng cao sức chịu tải. Trong giới hạn của bài báo này, chỉ đề cập đến 3 tham số liên quan đến sức chịu tải của nền đường sắt, đó là chỉ số sức chịu tải CBR (%), cường độ chịu nén của đất R_n (Mpa) và cường độ chịu kéo của đất khi ép chế R_k (Mpa).

Để có thể ngăn chặn sự phá hoại của nền đường sắt do vấn đề địa chất, thủy văn, do tải trọng được nâng cao hay tốc độ chạy tàu lớn như hiện nay, một trong những giải pháp đó là cải tạo các lớp nền đường bên trên bằng vật liệu gia cố nền đất bằng chất kết dính vô cơ (vôi, xi măng) để tăng khả năng chịu lực và ổn định cho nền đường sắt. Việc sử dụng các phụ gia polyme dùng trong đất gia cố xi măng cũng bước đầu được nghiên cứu và ứng dụng thí điểm trên một số công trình đường giao thông nông thôn và công trình dân dụng [2, 3]. Vì vậy, sẽ rất cần thiết để nghiên cứu ứng dụng các loại vật liệu phụ gia mới nhằm cải thiện tính năng của các vật liệu truyền thống về cường độ, về hàm lượng hay hiệu quả kinh tế cho công trình đường sắt. Các phụ gia hóa cứng (phụ gia polyme) hiện nay đã xuất hiện ở Việt Nam như phụ gia TS (Công ty TS - Việt Nam), phụ gia RoadCem - Rovo (Công ty LSTW - Freiberg - Đức), DZ333 (Tập đoàn Environmental Choices Inc - Mỹ), Consolid (Thụy Sĩ), DB500 (Worldwise Enterprises, Inc - Mỹ), phụ gia Geostab (Tập đoàn GTM - Australia),...

2. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ LIÊN QUAN ĐẾN SỨC CHỊU TẢI NỀN ĐƯỜNG SẮT

2.1. Các tiêu chuẩn về nền đường sắt liên quan

- Theo tiêu chuẩn đường sắt khổ 1000m – Yêu cầu thiết kế tuyến TCVN 11793 : 2017 quy định:

+ Nếu trên mặt nền đường sắt có lớp Subballast thì 20cm mặt nền đường sắt đầm chặt $K \geq 0,98$, dưới đầm chặt $K \geq 0,95$.

+ Trong khu vực tác dụng không được dùng đất sét nặng có độ trương nở tự do vượt quá 4 %.

- Theo Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu nền đường sắt (xây dựng mới, khôi phục, nâng cấp) TCCS 01:2013/VNRA quy định:

+ Đất sét có độ trương nở không được > 3%.

+ Sức chịu tải CBR tối thiểu cho 30cm mặt nền đường trên cùng là 6-8%.

- Đối với vật liệu đất gia cố phải tuân thủ thêm tiêu chuẩn Gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ, hóa chất hoặc gia cố tổng hợp, sử dụng trong xây dựng đường – Thi công và nghiệm thu TCVN 10379 : 2014, theo đó quy định về Cường độ chịu nén phải thỏa mãn về điều kiện Cấp độ bền (I, II hay III) như Bảng 1.

Công trình đường sắt là công trình chịu tải trọng nặng, nên cấp độ bền tương đương với Độ bền cấp II. Như vậy, đối chiếu với các yêu cầu kỹ thuật của nền đường sắt nêu trên, các thí nghiệm cần thực hiện bao gồm [4]:

- Thí nghiệm xác định Trọng lượng riêng khô lớn nhất, từ đó xác định hệ số đầm chặt K ;

- Thí nghiệm xác định độ trương nở của đất;
- Thí nghiệm xác định sức chịu tải CBR%;
- Thí nghiệm xác định Cường độ chịu nén (nếu đất được gia cố chất kết dính vô cơ);
- Thí nghiệm ép chẻ (nếu đất được gia cố chất kết dính vô cơ).

Bảng 1. Yêu cầu kỹ thuật chỉ tiêu của đất gia cố TCVN 10379:2014.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Yêu cầu kỹ thuật		
	Độ bền cấp I	Độ bền cấp II	Độ bền cấp III
Cường độ chịu nén (Mpa)	3,0	2,0	1,0

2.2. Tiêu chuẩn thí nghiệm

- Tiêu chuẩn phân loại đất: Để đưa ra những đánh giá chính xác và đồng bộ tiêu chuẩn loại đất có thể sử dụng cho nền đường công trình giao thông theo TCVN 9436:2012 nhóm tác giả sử dụng tiêu chuẩn phân loại đất AASHTO M145 để tiến hành phân loại đất lấy trên tuyến đường sắt Hà Nội – Đồng Đăng.

- Thí nghiệm xác định độ trương nở tương đối của đất được thực hiện theo tiêu chuẩn 22TCN 332 – 06 Quy trình thí nghiệm “Xác định chỉ số CBR của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm”;

- Thí nghiệm xác định sức chịu tải CBR của đất được thực hiện theo 22TCN 332 – 06 Quy trình thí nghiệm “Xác định chỉ số CBR của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm”;

- Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của đất ASTM D1633.

- Các thí nghiệm và tiêu chuẩn liên quan như 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”; 22TCN 59-84 “Quy trình thí nghiệm đất gia cố bằng chất kết dính vô cơ xi măng”,...

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ VỀ SỨC CHỊU TẢI CỦA ĐẤT KHI CHƯA GIA CỐ VÀ SAU KHI GIA CỐ

3.1. Mẫu thí nghiệm

- Đất thí nghiệm: Phạm vi nền đường sắt đoạn Km50 – Km55 tuyến đường sắt Hà Nội – Đồng Đăng chịu ảnh hưởng của chế độ thủy nhiệt bất lợi, đây là đoạn tuyến mà nền đường bị phá hoại mạnh. Đất đắp nền đường khu vực này được lấy ở mỏ đất huyện Lục Nam, tỉnh Bắc Giang.

Vào mùa khô mực nước trong các ao hồ thấp, nền đá ba lát luôn khô ráo. Nhưng vào mùa mưa, mực nước trong các ao hồ khá cao, chỉ thấp hơn vai đường 50-60cm, có tình trạng nước đọng liên tục trong khối đá ba lát do không thoát ra được và đất nền đường bị ngâm trong nước lâu ngày. Vì vậy dẫn đến tình trạng đất nền đường có sự biến dạng lớn do sự thay đổi thể tích lớn liên quan đến sự thay đổi hàm lượng nước, khi hàm lượng nước giảm thì thể tích đất giảm theo hay co lại. Đây chính là đặc điểm của đất có độ trương nở lớn.

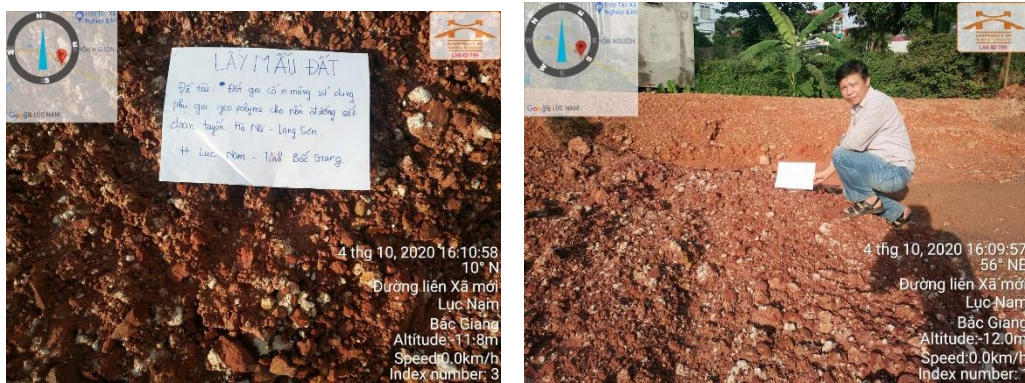
Sự thay đổi thể tích đất lớn theo tình trạng ngâm nước của nền đường làm biến đổi hình dạng [5], kích thước của nền đường và đó là một trong những nguyên nhân gây ra tình trạng

xóc lắc, tăng lực xung kích và làm mất độ ổn định của tuyến đường ray.



Hình 1. Minh họa vị trí đoạn nền đường yếu: bên trái là ao hồ, bên phải là QL1A

Đất có đặc điểm trương nở mạnh cũng sẽ làm giảm các đặc trưng cơ lý của đất, như giảm lực dính đơn vị c , giảm góc nội ma sát φ và giảm sức chịu tải của mặt nền đường. Sự suy giảm này thể hiện rõ trên đoạn tuyến nghiên cứu. Trong mùa mưa, xảy ra phổ biến tình trạng đá ba lát cắm sâu xuống nền đường tạo thành các túi đá, đá bị mềm hóa cũng tạo thành các bột đá. Khi trời nắng, các bột đá này sẽ đông kết với đá ba lát tạo thành các khối cứng ngăn không cho nước trong nền đá thoát ra hai bên đồng thời làm giảm tính đàn hồi của kết cấu đá ba lát dẫn tới làm tăng lực xung kích làm cho đá càng cắm sâu xuống nền đường.



Hình 2. Hình ảnh mở đất lấy mẫu thí nghiệm.

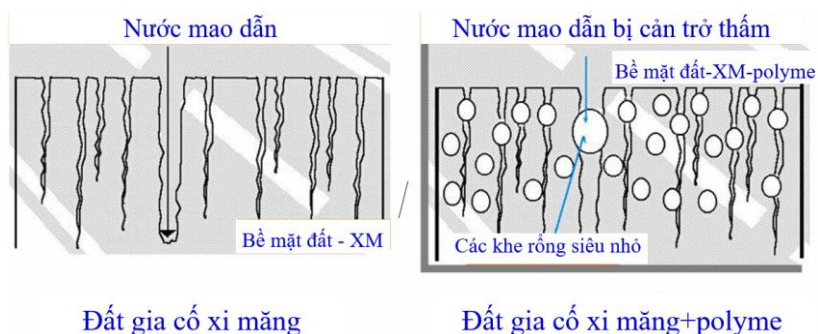
- Xi măng: xi măng được sử dụng làm chất kết dính đất tự nhiên, làm tăng cường độ, đạt sức chịu tải mong muốn cho nền đường. Xi măng gia cố sử dụng loại xi măng poocăng thông thường PCB40. Nguyên lý cơ bản của việc gia cố xi măng - đất: xi măng sau khi trộn với đất sẽ sinh ra một loạt các phản ứng hóa học rồi đóng rắn lại. Các phản ứng chủ yếu của chúng là: Sự trao đổi cation - Tái cấu trúc các hạt - Thủy hóa xi măng - Phản ứng Pozzolan.

- Chất phụ gia polyme: Phụ gia polyme là một trong những dạng vật liệu mới nhằm cải thiện tính năng của các vật liệu truyền thống để tăng cường chất lượng của vật liệu. Loại phụ gia hóa cứng được sử dụng ở nghiên cứu này là Phụ gia Geostab (Tập đoàn GTM - Australia). Nhằm tăng cường tính chất vật liệu, các sản phẩm này thường kết hợp với vật liệu vô cơ truyền thống như xi măng, cao lanh, vôi...

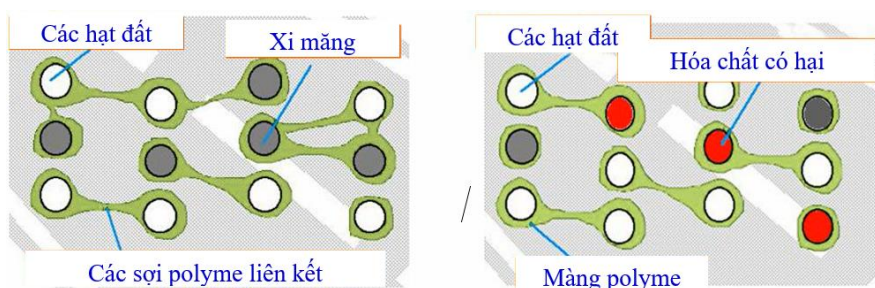
+ Cơ chế polyme: polyme hay còn gọi là Geopolyme, có tác dụng cải thiện cấu trúc lỗ rỗng của vật liệu nhờ tương tác hóa học và khả năng chèn đầy các lỗ rỗng và mao quản [6].

Nhờ khả năng tạo màng của polyme, nước được giữ lại trong bê tông và do đó giúp quá trình thủy hóa xi măng diễn ra một cách thuận lợi hơn. Theo thời gian, cường độ của vật liệu góp phần cải thiện hơn nữa cấu trúc của bê tông, tăng độ bền.

Có nhiều loại polyme (và cả monome) dùng biến tính xi măng và bê tông thì nhóm polyme latex và polyme tan trong nước được sử dụng phổ biến hơn cả do chúng tương hợp tốt với xi măng, không bị keo tụ riêng rẽ và chuyển thành trạng thái rắn chắc. Quá trình thủy hóa xi măng và hình thành pha polyme trong tổ hợp xi măng – polyme, sự tương tác của polyme với sản phẩm hydrat làm thay đổi cấu trúc xi măng – polyme, do đó làm thay đổi các tính chất của vật liệu đã được biến tính so với bê tông thông thường [7,8].



Hình 3. Mô tả tác dụng ngăn nước mao dẫn thấm vào trong vật liệu đất gia cố xi măng và đất gia cố xi măng + polyme.



Hình 4. Mô tả liên kết xi măng + các hạt đất được bao phủ bề mặt bằng sợi polyme.

Phụ gia polyme Geostab phù hợp với nhiều loại đất/ hỗn hợp đất - đá khác nhau từ A1 cho đến A7 (theo phân loại của AASHTO M145). Geostab cũng hoàn toàn có thể sử dụng cho các loại đất có hàm lượng hạt sét cao, thành phần hạt mịn lớn, đất có tính trương nở, có hàm lượng muối lớn.



Hình 5. Hình ảnh phụ gia Geostab.

3.2. Phương pháp thí nghiệm

Quá trình thực hiện các thí nghiệm đánh giá hiệu quả của phụ gia polyme trong việc nâng cao sức chịu tải nền đường sắt khi chưa gia cố và đã gia cố được thực hiện với 3 nhóm thí nghiệm [9,10]: Nhóm thí nghiệm thứ nhất tiến hành thí nghiệm với các mẫu đất nền đường sắt tự nhiên (chưa gia cố); Nhóm thí nghiệm thứ hai thí nghiệm với những mẫu đất đã được gia cố với một số hàm lượng xi măng khảo sát; Nhóm thí nghiệm thứ ba là thí nghiệm với những mẫu đất nền đường đã được gia cố một số hàm lượng xi măng + phụ gia polyme khảo sát.

- Mẫu thí nghiệm có dạng trụ tròn, được chế bị vào ống mẫu chuẩn, đảm bảo các độ chặt yêu cầu và đồng đều, không có khe hở giữa đất và thành trong của ống chứa mẫu.

- Một số thí nghiệm chính: Thí nghiệm xác định độ trương nở của đất, thí nghiệm xác định sức chịu tải CBR, thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của đất và thí nghiệm ép chẻ.

3.3. Kết quả thí nghiệm

- Kết quả thí nghiệm thành phần hạt và giới hạn chảy dẻo mẫu đất tự nhiên, đây là cơ sở để phân loại đất: Hàm lượng lọt sàng qua sàng 0,075 mm = 52,3%, giới hạn chảy LL = 39,94%; chỉ số dẻo PI= 19,31%. Như vậy, theo tiêu chuẩn phân loại đất AASHTO M145, mẫu đất tự nhiên đắp nền đường thuộc nhóm A-6.

- Kết quả thí nghiệm độ trương nở và sức chịu tải CBR của mẫu đất tự nhiên:

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm độ trương nở và chỉ số CBR của đất đắp nền đường.

TT	Nội dung thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Độ trương nở H		
	K = 88,4%	%	4,57
	K = 95,3%	%	6,88
	K = 100,7%	%	9,15
2	Chỉ số CBR		
	K = 95%	%	1,40
	K = 98%	%	1,60
	K = 100%	%	1,70

- Lựa chọn hàm lượng xi măng gia cố: Tham khảo Sổ tay đất gia cố xi măng [11] của Hiệp hội Xi măng Hoa Kỳ (PCA), thì đối với đất thuộc loại A-6, lượng xi măng gia cố là 9-15% theo khối lượng đất khô. Do đó, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát với các hàm lượng 11%, 13% và 15% xi măng để làm cơ sở lựa chọn ra hàm lượng xi măng phù hợp (hàm lượng 9% không được lựa chọn do mẫu đất gia cố xi măng 9% có cường độ nén quá thấp, không phù hợp với cấp độ bền của công trình đường sắt).

- Lựa chọn hàm lượng phụ gia polyme Geostab: theo khuyến cáo của nhà sản xuất GTM, hàm lượng phụ gia polyme Geostab được lựa chọn dựa trên các yếu tố ảnh hưởng: Tải trọng xe (ở 03 mức: nhẹ, trung bình và nặng); chiều sâu gia cố tính từ mặt nền đường và hàm lượng xi măng sử dụng. Trên cơ sở đó lựa chọn các hàm lượng phụ gia 7%, 9% và 11% (theo hàm lượng xi măng) để khảo sát.

Các kết quả nhóm thí nghiệm thứ nhất và nhóm thí nghiệm thứ hai cho phép sơ bộ xác định được hàm lượng xi măng phù hợp trong gia cố đất nền. Nhóm thí nghiệm thứ ba khảo sát

mức độ biến đổi của các tham số sức chịu tải đất nền đường sắt tương ứng với các hàm lượng phụ gia polyme Geostab khác nhau để lựa chọn ra hàm lượng phụ gia polyme Geostab phù hợp.

Sau đây là các kết quả thí nghiệm nhận được:

Bảng 3. Kết quả cường độ chịu nén của đất gia cố.

TT	Mẫu đất thí nghiệm	Cường độ chịu nén Rn (Mpa)	
		Ngày tuổi R7	Ngày tuổi R28 _{bh} ở trạng thái bão hòa
1	Đất + 11% Ximăng	1,39	1,86
2	Đất + 13% Ximăng	1,45	2,29
3	Đất + 15% Ximăng	1,52	2,57
4	Đất + 13% Ximăng + 7% Geostab	1,60	2,54
5	Đất + 13% Ximăng + 9% Geostab	1,79	2,52
6	Đất + 13% Ximăng + 11% Geostab	1,85	2,60

Bảng 4. Kết quả cường độ chịu kéo khi ép chèn của đất gia cố.

TT	Mẫu đất thí nghiệm	Cường độ chịu kéo (Mpa)	
		Ngày tuổi R7	Ngày tuổi R28
1	Đất + 11% Ximăng	0,28	0,44
2	Đất + 13% Ximăng	0,33	0,46
3	Đất + 15% Ximăng	0,36	0,56
4	Đất + 13% Ximăng + 7% Geostab	0,39	0,60
5	Đất + 13% Ximăng + 9% Geostab	0,37	0,57
6	Đất + 13% Ximăng + 11% Geostab	0,37	0,62

Bảng 5. Kết quả sức chịu tải CBR của đất tự nhiên và đất gia cố.

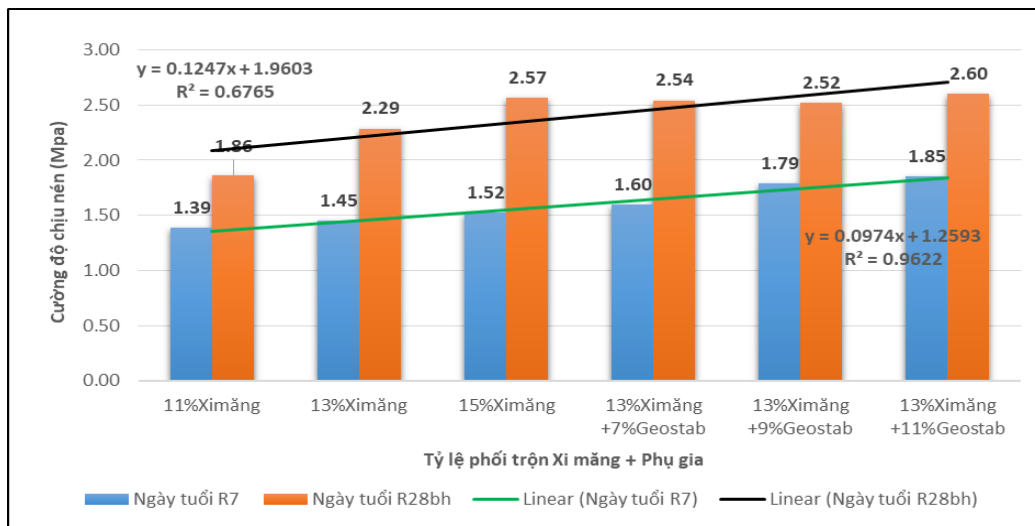
TT	Mẫu đất thí nghiệm	CBR (%)		
		K95	K98	K100
1	Đất tự nhiên	1,4	1,6	1,7
2	Đất + 13% Ximăng	55,7	59,0	61,7
3	Đất + 13% Ximăng + 7% Geostab	60,2	64,9	67,6
4	Đất + 15% Ximăng	60,4	66,00	71,3

4. NHẬN XÉT CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

- Bảng 2 cho kết quả thí nghiệm đất nền đường sắt trên đoạn nghiên cứu có độ trương nở lớn $H = 4,57-9,15\%$, lớn hơn so với tiêu chuẩn quy định là 3-4%. Sức chịu tải CBR của đất cũng rất nhỏ $CBR = 1,4\%-1,7\%$ so với tiêu chuẩn quy định là 6-8%. Như vậy, theo các tiêu

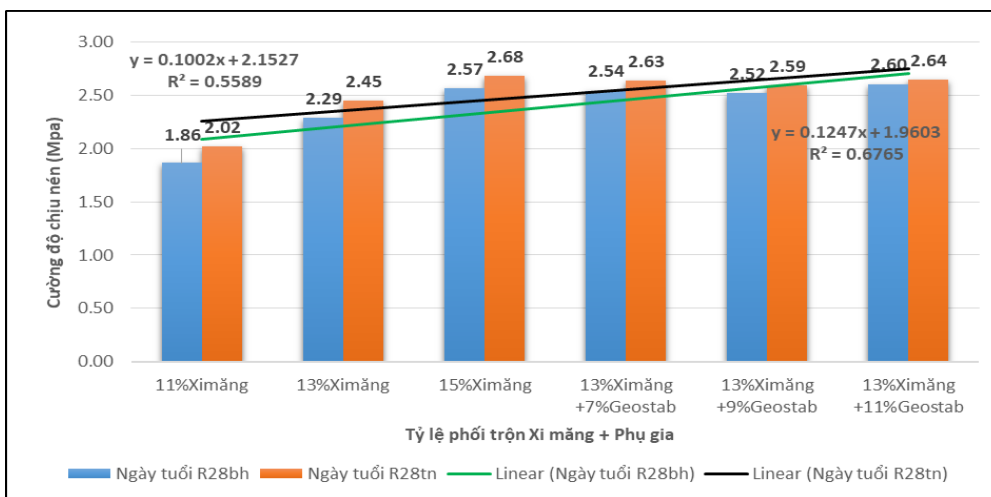
chuẩn hiện hành thì loại đất này không thích hợp để làm đất đắp nền đường, không đáp ứng được yêu cầu về sức chịu tải.

- Về cường độ chịu nén của đất: Từ kết quả thí nghiệm (bảng 3) xác định cường độ chịu nén tại các ngày tuổi R7 và R28 ở trạng thái bão hòa cho thấy nếu đất chỉ gia cố với xi măng hàm lượng 11% vẫn không đạt tiêu chuẩn về cấp độ bền của vật liệu gia cố (bảng 1), đối với công trình đường sắt thì có độ bền cấp II (với $R_{nyc} = 2\text{Mpa}$). Do đó, hàm lượng xi măng 13% được lựa chọn để khảo sát với các hàm lượng phụ gia Geopolyme khác nhau. Khi khảo sát với các hàm lượng phụ gia 7%-9%-11% đã cho kết quả rất khả quan, sự phát triển cường độ của mẫu đất có phụ gia Geostab lớn hơn độ bền cấp II yêu cầu và gần bằng cường độ nén của đất gia cố xi măng 15% (Biểu đồ ở hình 6).



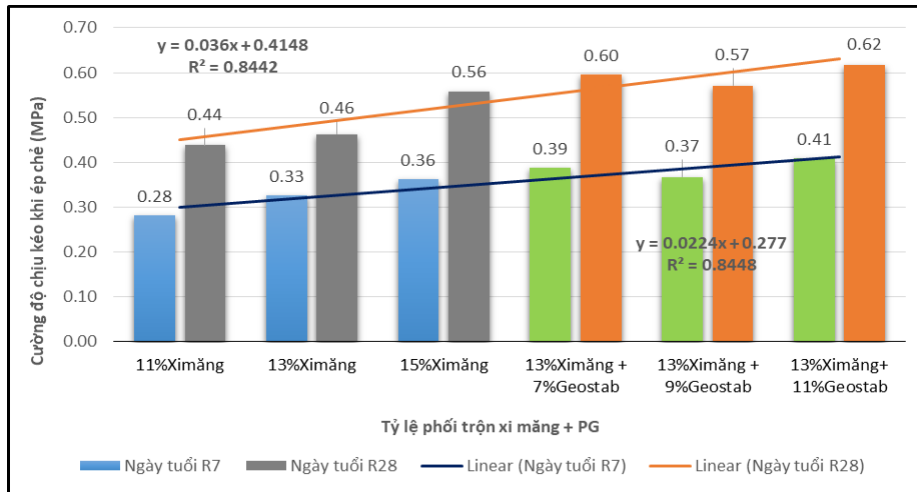
Hình 6. Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu nén với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme.

Để làm rõ vai trò của phụ gia Geopolyme trong việc đảm bảo tính ổn định nước của vật liệu, chúng tôi cũng tiến hành khảo sát cường độ nén của mẫu được bảo quản ở trạng thái tự nhiên R28_{tn} (phun sương, tạo ẩm cho mẫu như ở điều kiện tự nhiên ngoài hiện trường) và so sánh sự biến đổi cường độ so với mẫu ở trạng thái bão hòa R28_{bh}. Kết quả như biểu đồ ở hình 7:

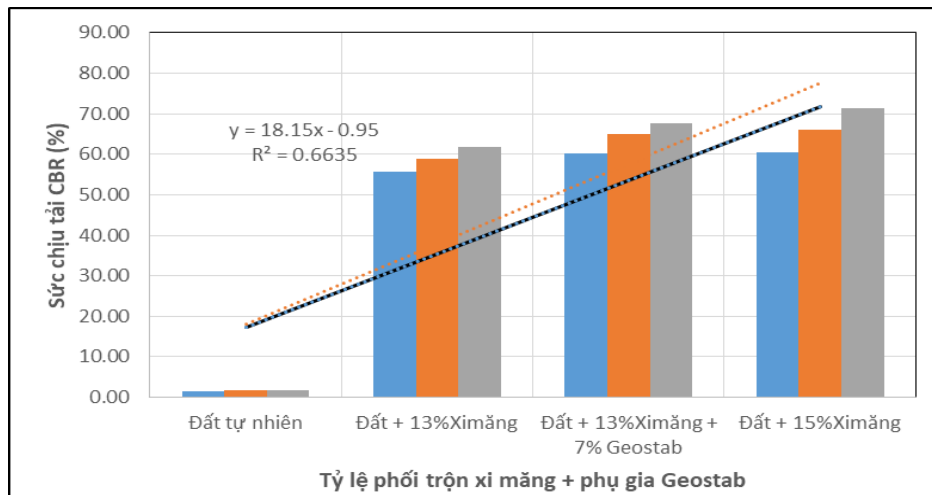


Hình 7. Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu nén với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme với các mẫu ở ngày tuổi R28 tự nhiên và R28 bão hòa.

Kết quả trên biểu đồ hình 7 cho thấy cường độ chịu nén của 2 loại mẫu ở trạng thái tự nhiên và bão hòa chênh lệch nhau từ 1,5% - 8,2%, trong đó mẫu gia cố 13% xi măng R28 bão hòa bị suy giảm cường độ nén 7,1% so với mẫu R28 ở trạng thái tự nhiên; nhưng khi bổ sung thêm phụ gia Geopolyme với các hàm lượng phụ gia 7%-9%-11% thì cường độ nén của mẫu R28 bão hòa chỉ giảm 1,5%-3,6%. Rõ ràng phụ gia Geopolyme đã làm tăng tính ổn định nước cho vật liệu, ngăn chặn nước xâm nhập vào đất vì phụ gia đã tạo ra các màng ngăn cách nước cho các hạt đất.



Hình 8. Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme với các mẫu ở ngày tuổi R7 và R28 bão hòa



Hình 9. Biểu đồ mối quan hệ giữa CBR của đất tương ứng với các hàm lượng Xi măng + phụ gia Geostab.

- Về cường độ chịu kéo của đất khi ép chẻ: Thí nghiệm ép chẻ nhằm mục đích đánh giá khả năng liên kết giữa các hạt đất với chất gia cố. Kết quả thí nghiệm như ở biểu đồ hình 8 cho thấy khả năng chịu kéo của vật liệu tăng lên đáng kể khi bổ sung thêm phụ gia Geopolyme với các hàm lượng khảo sát, thậm chí khi hàm lượng xi măng 13% có bổ sung thêm phụ gia Geopolyme thì đã nâng được cường độ chịu kéo của mẫu đất cao hơn cả mẫu có hàm lượng xi măng 15%. Mức độ tăng khả năng chịu kéo lên đến hơn 33% khi bổ sung thêm phụ gia Geostab.

- Về sức chịu tải CBR của đất: Khi gia cố đất với xi măng 13% đã đảm bảo nâng cao CBR lên gấp nhiều lần và vượt quá trị số CBR yêu cầu, việc bổ sung thêm phụ gia Geopolyme cũng góp phần làm tăng CBR và kết quả thí nghiệm cũng cho thấy việc tăng hàm lượng xi măng lên 15% cũng không cao hơn nhiều so với hàm lượng xi măng 13% nhưng có thêm phụ gia Geopolyme 7% (biểu đồ hình 9). Điều này cũng làm nổi bật vai trò của phụ gia Geopolyme về khía cạnh đảm bảo tính kinh tế.

5. KẾT LUẬN

Sau khi tiến hành khảo sát một số hàm lượng phụ gia Geopolyme với các hàm lượng gia cố xi măng 11%-13%-15%, thông qua các chỉ tiêu cơ học dựa vào các tiêu chuẩn yêu cầu kỹ thuật nền đường sắt để bước đầu đánh giá được ảnh hưởng của phụ gia Geopolyme đến việc nâng cao sức chịu tải cho nền đường sắt. Đối với loại đất trương nở mạnh, sức chịu tải yếu như khu vực nền đường sắt nghiên cứu thì việc gia cố đất nền với hàm lượng xi măng 13% + 7% Geostab đã nâng cao một cách rõ rệt sức chịu tải cho nền đường sắt, đảm bảo đất nền đường ổn định với nước:

- Về độ chặt đất đắp nền đường (trọng lượng riêng khô): γ^k (g/cm³) = 1,66 > 1,63 (γ^k của đất tự nhiên);

- Độ trương nở giảm còn 1,91% < 4% theo tiêu chuẩn

- Sức chịu tải CBR = 60,2% > 6-8 % theo tiêu chuẩn

- Cường độ chịu nén = 2,54 Mpa > 2 Mpa theo yêu cầu độ bền cấp II công trình đường sắt

Như vậy có thể thấy, việc bổ sung thêm chất phụ gia Geopolyme, cụ thể trong các thí nghiệm đã nêu là phụ gia Geostab, khi gia cố đất nền đường sắt bằng xi măng đã nâng cao rõ rệt các tham số về sức chịu tải của nền đường sắt mà không phải tăng hàm lượng xi măng lên quá nhiều, đặc biệt là có thể tận dụng được vật liệu đất đắp tại chỗ mặc dù chất lượng đất có thể không cao.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2020-CT-016. Tác giả xin chân thành cảm ơn các thí nghiệm viên thuộc phòng thí nghiệm Las-XD 799 tại 54 Triều Khúc - Phường Thanh Xuân Nam - Quận Thanh Xuân - Thành phố Hà Nội đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Thanh Tùng, Lê Văn Cử, Bùi Thị Trí, Nền đường sắt, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2005.

[2]. Tổng Tôn Kiên, Phạm Thị Vinh Lan, Lê Trung Thành, Bê tông Geopolymer – những thành tựu, tính chất và ứng dụng, Hội nghị khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây Dựng, 11-2013.

[3]. Phạm Thái, Nghiên cứu tính chất cơ lý của vật liệu Geopolymer cốt sợi poly-propylen để chế tạo gạch, Luận văn Thạc sỹ, Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, 09-2016. http://fceam.hcmute.edu.vn/Resources/Docs/SubDomain/fceam/LuanVanThacSi/XDDD_2015A/15A_PhamThai_HCMUTE_FCE.pdf

[4]. M. M. Cherif, M. Amal, B. Ramdane, Effect of swelling mineral on geotechnical characteristics of clay soil, MATEC Web of Conferences, 149 (2018) 02067. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814902067>

- [5]. Roy Whitlow, Basic soil mechanics, Longman Scientific & Technical, 1995.
- [6]. K. Lejcus, M. Spitalniak, J. Dabrowska, Swelling Behaviour of Superabsorbent Polymers for Soil Amendment under Different Loads, *Polymers*, 10 (2018) 271. <https://doi.org/10.3390/polym10030271>
- [7]. John L. Provis, Jannie S.J.van Deventer, Geopolymers structure, processing, properties and industrial applications, Woodhead publishing limited, 2009.
- [8]. Kent Newman, Jeb S. Tingle, Emulsion polymers for soil stabilization, U.S. Army Engineer Research and Development Center 3909 Halls Ferry Road.
- [9]. Alan F.Rauch, Lynn E.Katz, Howard M. Lijstrand, An analysis of the mechanisms and efficacy of three liquid chemical soil stabilizers, Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin; Springfield, Va: Available through the National Technical Information Service, 2003. https://ctr.utexas.edu/wp-content/uploads/pubs/1993_1_volume1.pdf
- [10]. Teewara Suwan, Development of self-cured geopolymer cement, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Mechanical, Aerospace & Civil Engineering Brunel University London, March 2016. <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/12975>
- [11]. Soil-Cement Construction Handbook (EB003.10S), Engineering Bulletin, Portland Cement Association (PCA), 1995.