

Đánh giá khả năng ứng dụng cát biển trong xây dựng nền đường sắt khi sử dụng phụ gia polyme

■ PGS. TS. TRẦN QUỐC ĐẠT

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Hiện nay, việc ứng dụng chất kết dính vô cơ gia cố đất đã được sử dụng phổ biến trong xây dựng giao thông ở Việt Nam, vật liệu polyme cũng được sử dụng trong xây dựng dân dụng và sản xuất vật liệu xây dựng. 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. Tuy vậy, việc ứng dụng phụ gia polyme trong gia cố nền cát khi xây dựng đường sắt qua khu vực ven biển, với những đặc trưng về điều kiện làm việc và tải trọng của đường sắt 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 ảnh hưởng của phụ gia polyme trong gia cố nền cát biển bằng xi măng khi xây dựng nền đường sắt ven biển nhằm nâng cao sức chịu tải cho nền đường.

TỪ KHÓA: Nền đường sắt, phụ gia polyme, đất gia cố xi măng, Geostab.

ABSTRACT: Currently, the application of soil-reinforced inorganic binders has been widely used in traffic construction in Vietnam, polymer materials are also used in civil construction and the production of building materials. The use of polymeric additives used in cement-reinforced soils has also been initially researched and piloted on a number of road projects. However, the application of polymer additives in reinforcing the sand base when building railways through the coastal area, with the characteristics of working conditions and load of the railway, is still very new and has not been studied in Vietnam. The article introduces the initial research results on the effects of polymer additives in reinforcing the sea-sand base with cement when constructing the coastal railway platform in order to improve the carrying capacity of the roadbed.

KEYWORDS: Road bed, Geostab, polymer additive.

miền Trung và Nam Trung bộ, việc xây dựng nền đường sắt trên nền cát biển hay đất pha cát sẽ gặp nhiều khó khăn do sức chịu tải của cát biển kém, độ chặt thấp (do hệ số lu lèn không cao). Từ đó, mặt nền đường sắt dễ bị phá hoại với sự thâm nhập của đá ballast xuống dưới nền đất trong thời kỳ khai thác dẫn đến xuất hiện các bệnh hại nền đường.

Để có thể nâng cao sức chịu tải của nền đường sắt xây dựng trên nền cát hay á cát ven biển với điều kiện tải trọng được nâng cao hay tốc độ chạy tàu lớn như hiện nay, một trong những giải pháp đó là gia cố các lớp cát nền đường bên trên bằng chất kết dính vô cơ để tăng khả năng chịu lực và ổn định cho nền đường sắt. Một số đề tài nghiên cứu khoa học tại Việt Nam đề cập đến việc thay đổi cấp phối hạt đất (phối trộn cát biển với các vật liệu khác để thay đổi thành phần hạt, tăng khả năng liên kết) sử dụng các chất kết dính, tuy nhiên vẫn còn một số hạn chế về việc cải thiện tính chất cơ học làm việc thực tế của vật liệu trong công trình. Việc sử dụng các phụ gia polyme dùng trong đất gia cố xi măng bước đầu cũng đã 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].

Trong giới hạn của bài báo chỉ đề cập đến việc khảo sát 3 tham số liên quan đến sức chịu tải của nền đường sắt khi sử dụng cát biển gia cố xi măng + phụ gia polyme, đó là cường độ chịu nén của cát gia cố R_n (Mpa), cường độ chịu kéo của cát gia cố khi ép chèn R_k (Mpa) và mô-đun đàn hồi E_{dn} của cát gia cố.

2. CÁC TIÊU CHUẨN VÀ 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 1.000 m - Yêu cầu thiết kế tuyến TCVN 11793:2017 quy định:

+ Nếu trên mặt nền đường sắt có lớp Subballast thì 20 cm mặt nền đường sắt đảm bảo $K \geq 0,98$, dưới đảm bảo $K \geq 0,95$;

+ Trong khu vực tác dụng không được dùng đất 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 có độ trương nở không được > 3%;

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

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tuyến đường sắt Bắc - Nam với chiều dài hơn 1.700 km đi qua nhiều tỉnh thành ven biển, đặc biệt là các tỉnh

- 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 2.1.

Bảng 2.1. 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
Độ bền chịu ép chèn (Mpa)	1,2	0,8	-
Mô-đun đàn hồi (Mpa)	400	350	200

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:

- Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén (nếu đất được gia cố chất kết dính vô cơ);
- Thí nghiệm ép chèn (nếu đất được gia cố chất kết dính vô cơ);
- Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi.

2.2. Một số tiêu chuẩn thí nghiệm chủ yếu

- Theo tiêu chuẩn phân loại đất AASHTO M145 áp dụng cho đất công trình giao thông với kết quả thành phần hạt và chỉ số dẻo của cát biển lấy tại xã Vinh Tú, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng trị được phân vào nhóm A-3.

- 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 vôi xi măng"...

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

3.1. Mẫu thí nghiệm

3.1.1. Vật liệu thí nghiệm

- Cát được lấy khu vực ven biển thuộc xã Vinh Tú, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng Trị.



Hình 3.1: Hình ảnh về cồn cát tại địa điểm lấy mẫu cát thí nghiệm

Cát màu vàng có nguồn gốc biển - gió, phân bố thành dãy cồn - đụn cát ven biển và kéo dài từ xã Vinh Tú đến xã Vinh Thái.

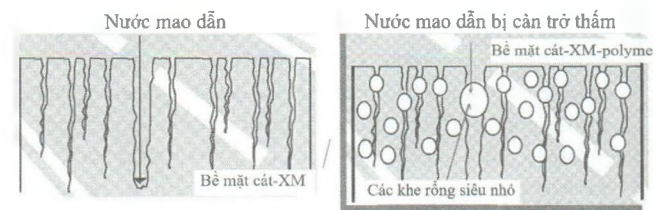
Loại cát này có hình thái phẫu diện ít phân hóa, đồng nhất cả về màu sắc và thành phần hạt, từ trên xuống dưới đều là cát tươi, rời rạc. Các đụn cát, đụn cát phần lớn chưa ổn định, hiện tượng di động của cát đang thường xuyên xảy ra.

- Xi măng: Xi măng được sử dụng làm chất kết dính cát biển tự nhiên, làm tăng cường độ, đạt sức chịu tải mong muốn cho cát biển. Xi măng gia cố sử dụng loại xi măng pooc-lăng thông thường PCB30.

- 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.

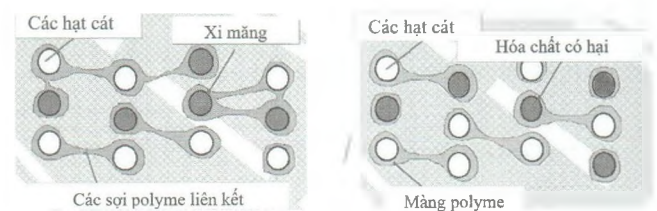
+ Có nhiều loại polyme (và cả monome) dùng biến tính xi măng và bê tông thì nhóm polyme latex và polyme tan trong nước được sử dụng phổ biến hơn cả do chúng tương hợp tốt với xi măng, không bị keo tụ riêng rẽ và chuyển thành trạng thái rắn chắc. Quá trình thủy hóa xi măng và hình thành pha polyme trong 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 [6, 7, 8].



Cát gia cố xi măng

Cát gia cố xi măng+polyme

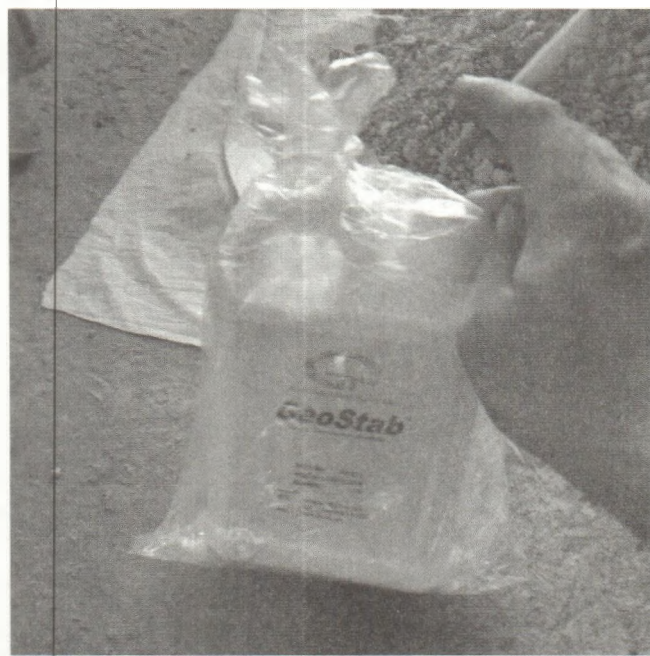
Hình 3.2: Mô tả tác dụng ngăn nước mao dẫn thấm vào trong vật liệu cát gia cố xi măng và cát gia cố xi măng + polyme



Hình 3.3: Mô tả liên kết xi măng + các hạt đất được bao phủ bề mặt bằng sợi polyme

+ Theo công bố trong các tài liệu của Công ty GTM, Geostab là một loại phụ gia polyme dạng lỏng sử dụng cho

các hỗn hợp của đất, cát hoặc/và đá dăm với xi măng và nước. Các hỗn hợp này sau khi được trộn đều, đầm nén và bảo dưỡng sẽ tạo ra dạng vật liệu kiểu bê tông cường độ cao, kháng nứt tốt và đặc biệt có khả năng kháng sự thâm nhập của nước vào trong hỗn hợp.



Hình 3.4: Hình ảnh phụ gia Geostab

Việc lựa chọn hàm lượng xi măng và loại phụ gia nào là hợp lý được tiến hành trên cơ sở thí nghiệm các mẫu với hàm lượng xi măng khác nhau và sử dụng một số loại phụ gia khác nhau, sau đó so sánh một số chỉ tiêu cơ lý đạt được của mẫu thí nghiệm. Hàm lượng xi măng cũng như loại phụ gia và hàm lượng phụ gia hợp lý được lựa chọn trên cơ sở đánh giá các chỉ tiêu về cường độ hay chỉ tiêu về độ bền của mẫu thí nghiệm.

3.1.2. Mẫu thí nghiệm

Để tiến hành đánh giá hệ số thấm của cát biển trước khi gia cố và sau khi gia cố, các mẫu thí nghiệm được chế bị để tiến hành 3 tổ mẫu cho mỗi nhóm thí nghiệm.

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 mẫu và thành trong của ống chứa mẫu.

Mẫu cát biển được loại bỏ hữu cơ sàng qua sàng 4,75 mm, sấy khô tại nhiệt độ 60°C trong tủ sấy. Tính toán hàm lượng xi măng, phụ gia và nước cần thiết để tạo mẫu theo ASTM D558-11.

3.2. Phương pháp thí nghiệm

Quá trình thực hiện các thí nghiệm đánh giá cát biển khi chưa gia cố và đã gia cố được thực hiện với 3 nhóm thí nghiệm: Nhóm thí nghiệm thứ nhất tiến hành thí nghiệm với các mẫu cát biển tự nhiên (chưa gia cố); nhóm thí nghiệm thứ hai thí nghiệm với những mẫu cát đã được gia cố với hàm lượng xi măng hợp lý; nhóm thí nghiệm thứ ba là thí nghiệm với những mẫu cát đã được gia cố hàm lượng xi măng + phụ gia polyme hợp lý...

Với những phân tích về thành phần hạt, cấp phối hạt (nhóm thí nghiệm thứ nhất) thì cát biển khu vực nghiên cứu

không thể làm vật liệu xây dựng, hoặc sử dụng làm nền móng công trình giao thông thì không đảm bảo điều kiện sức chịu tải.

Với các nhóm thí nghiệm thứ hai và thứ ba sẽ cho phép đánh giá sự cải thiện của vật liệu sau khi được gia cố xi măng và phụ gia polyme thông qua các chỉ tiêu cơ lý của cát khi được gia cố.

- 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 cường độ chịu nén, thí nghiệm ép chế và thí nghiệm mô-đun đàn hồi của cát gia cố.

3.3. Kết quả thí nghiệm

Để đánh giá ảnh hưởng của chất gia cố xi măng cũng như phụ gia đến các thông số sức chịu tải của cát biển, hàm lượng xi măng khảo sát được lựa chọn nằm trong khoảng từ 6% đến 12% khối lượng cát khô tùy thuộc vào thành phần hạt của cát và hàm lượng phụ gia polyme Geostab được lựa chọn theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

3.3.1. Thí nghiệm cường độ chịu nén của cát gia cố theo ASTM D1633-00

Bảng 3.1. Kết quả cường độ chịu nén của mẫu cát gia cố

Hàm lượng xi măng	Cường độ chịu nén theo ngày tuổi		
	7	14	28
(Mpa)			
Cát + Xi măng			
7%	0,13	0,51	0,64
9%	0,25	0,77	0,92
11%	0,39	1,01	1,13
13%	0,54	1,22	1,31
Cát + Xi măng + 6% Geostab			
7%	0,49	0,81	1,14
9%	0,82	1,14	1,70
11%	1,09	1,58	2,22
13%	1,55	1,93	2,98

3.3.2. Thí nghiệm ép chế theo TCVN 8862:2011

Bảng 3.2. Kết quả cường độ chịu kéo khi ép chế của các mẫu cát gia cố

Hàm lượng xi măng (%)	Cường độ chịu kéo khi ép chế	
	R14	R28
(Mpa)		
Cát + Xi măng		
7%	0,12	0,15
9%	0,16	0,18
11%	0,19	0,21
13%	0,22	0,24
Cát + Xi măng + 6% Geostab		
7%	0,18	0,22
9%	0,22	0,27
11%	0,27	0,32

Hàm lượng xi măng (%)	Cường độ chịu kéo khi ép chế	
	R14	R28
	(Mpa)	
13%	0,34	0,40

3.3.3. Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi theo TCVN 9843:2013

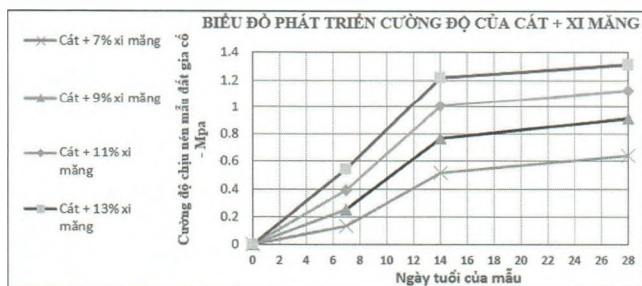
Bảng 3.3. Mô-đun đàn hồi của các mẫu cát gia cố

Hàm lượng xi măng (%)	Mô-đun đàn hồi	
	R14	R28
	(Mpa)	
Cát + Xi măng		
7	116,62	169,74
9	140,07	214,79
11	178,12	251,95
13	222,78	312,93
Cát + Xi măng + 6%Geostab		
7	189,17	238,38
9	222,05	310,35
11	294,84	375,21
13	338,76	427,28

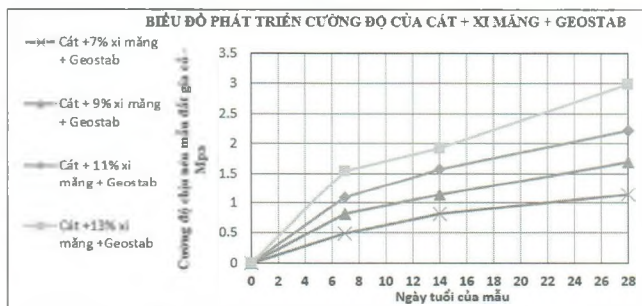
4. NHẬN XÉT CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Các kết quả thí nghiệm cho thấy các tham số sức chịu tải của 2 nhóm mẫu thí nghiệm (cát + gia cố XM và cát + gia cố XM + phụ gia Geostab) có sự khác biệt rõ rệt.

- Về cường độ chịu nén của đất: Từ kết quả thí nghiệm (Bảng 3.1) xác định cường độ chịu nén tại các ngày tuổi R7, R14 và R28 ở trạng thái bão hòa cho thấy sự phát triển cường độ chịu nén của mẫu Cát gia cố + Xi măng + Geostab tại các ngày tuổi có ưu thế vượt trội hơn so với Cát biển + Xi măng.



a)



b)

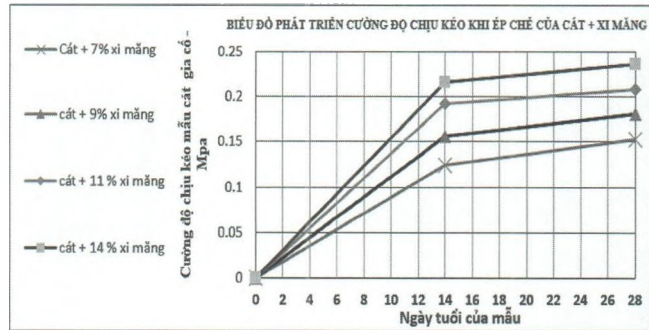
Hình 4.1: Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu nén với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme

Tham chiếu theo bảng yêu cầu kỹ thuật của cát gia cố TCVN 10379:2014 (Bảng 2.1) những tỷ lệ hàm lượng gia cố cát biển sau đây đạt yêu cầu độ bền tại 28 ngày tuổi:

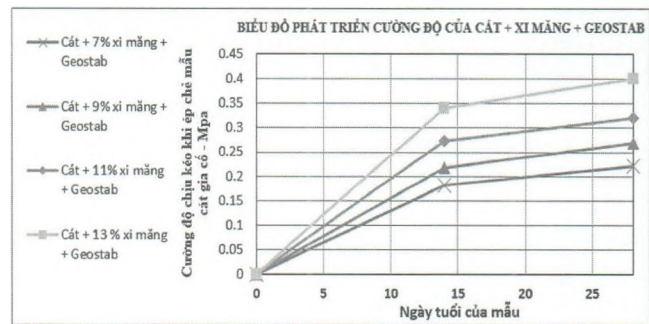
- + Cấp 1: 13%XM + cát biển + 6% Geostab;
- + Cấp 2: 11%XM + cát biển + 6% Geostab;
- + Cấp 3: 11%XM + cát biển; 13% XM + cát biển; 7%XM + cát biển + 6%Geostab; 9%XM + cát biển + 6%Geostab.

Để đánh giá và lựa chọn tỷ lệ hàm lượng xi măng tối ưu và phụ gia thích hợp với tính chất của cát biển nhóm A-3 cần phải kết hợp thêm những chỉ tiêu cơ lý khác.

- Về cường độ chịu kéo khi ép chế của mẫu cát gia cố:



a)



b)

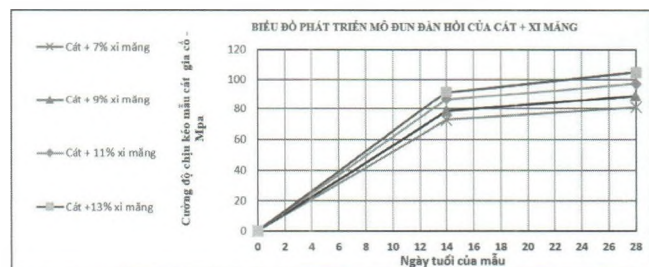
Hình 4.2: Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme

Cường độ chịu kéo khi ép chế của mẫu cát biển gia cố xi măng + phụ gia Geostab có cường độ lớn hơn so với mẫu cát biển gia cố xi măng.

Cường độ chịu kéo khi ép chế thường lớn hơn cường độ kéo dọc trục và nhỏ hơn cường độ kéo khi uốn.

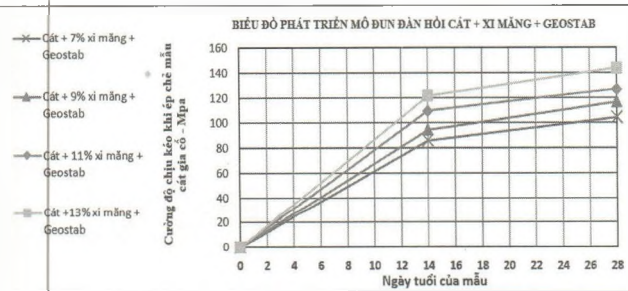
Đối với yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn đất gia cố TCVN10379:2014 (Bảng 2.1), các hàm lượng không đạt yêu cầu với độ bền cấp I và cấp II mà chỉ phù hợp với công trình ứng với độ bền cấp III.

- Về mô-đun đàn hồi của mẫu cát gia cố:



a)

Ngày nhận bài: 11/5/2022
Ngày chấp nhận đăng: 26/6/2022
Người phản biện: TS. Mai Tiến Chinh
TS. Trần Anh Dũng



b)

Hình 4.3: Biểu đồ mối quan hệ giữa mô-đun đàn hồi với hàm lượng xi măng và phụ gia Geopolyme

Tham chiếu theo bảng yêu cầu kỹ thuật của cát gia cố TCVN 10379:2014 (Bảng 2.1), những tỷ lệ hàm lượng gia cố cát biển sau đây đạt yêu cầu độ bền tại 28 ngày tuổi:

- Cấp 1: 13%XM + cát biển +6%Geostab;
- Cấp 2: 11%XM + cát biển + 6%Geostab;
- Cấp 3: các hàm lượng còn lại ngoại trừ 7%Xi măng + Cát biển là không đạt yêu cầu về độ bền.

5. KẾT LUẬN

Những kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã chỉ ra rằng, việc sử dụng phụ gia polyme + xi măng hoàn toàn phù hợp trong việc gia cố cát biển cho công trình giao thông nói chung và nền đường sắt nói riêng. Việc sử dụng thêm phụ gia polyme, cụ thể trong các thí nghiệm đã nêu là phụ gia Geostab, đã cải thiện rõ rệt các tính chất cơ học của cát biển: cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô-đun đàn hồi... Nâng cao được sức chịu tải cho nền đường sắt, phù hợp với yêu cầu độ bền cấp II cho vật liệu sử dụng chất gia cố.

Việc bổ sung thêm chất phụ gia Geopolyme đã giúp nâng cao sức chịu tải của nền đường mà không phải tăng hàm lượng xi măng lên quá nhiều, đặc biệt là có thể tận dụng được vật liệu tại chỗ (cát biển) mặc dù chất lượng vật liệu đó có thể không cao.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bùi Anh Định (2004), *Cơ học đất*, NXB. GTVT, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Hồng Đức (2009), *Cơ sở địa chất công trình và địa chất thủy văn công trình*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [3]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8723:2012, *Đất xây dựng công trình thủy lợi - Phương pháp xác định hệ số thấm của đất trong phòng thí nghiệm*.
- [4]. Dobrov E.M, *Cơ học đất*, M. (2008), *Trung tâm xuất bản "Viện hàn lâm"*, Liên bang Nga.
- [5]. R. Whitlow (1997), *Cơ học đất*, tập 1, NXB. Giáo dục.
- [6]. John L.Provis and Jannie S.J.van Deventer (2009), *Geopolymers structure, processing, properties and industrial applications*, Woodhead publishing limited.
- [7]. Kent Newman, Jeb S. Tingle, *Emulsion polymers for soil stabilization*, U.S. Army Engineer Research and Development Center 3909 Halls Ferry Road.
- [8]. Soil-Cement Construction Handbook (EB003.105) (1995), *Engineering Bulletin*, Portland Cement Association (PCA).