

NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN CƯỜNG ĐỘ HỖN HỢP ĐẤT TẠI CHỖ VÀ PHÉ THẢI TRO BAY BẰNG XI MĂNG KẾT HỢP PHỤ GIA DZ33 LÀM MÓNG ĐƯỜNG GIAO THÔNG NÔNG THÔN TẠI KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

STUDY ON IMPROVING THE LOAD-BEARING CAPACITY OF ON-SITE SOIL MIXES AND FLY ASH REINFORCED BY CEMENT WITH ADDITIVE DZ33 TO CONSTRUCT SUB-GRADE OF RURAL ROADS IN MEKONG DELTA AREA

¹Nguyễn Văn Long, ²Tạ Văn Minh, ³Trần Thái Vinh, ⁴Đàng Năng Thóc, ⁵Huỳnh Văn Thành

^{1,5}Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

²Công ty Cổ phần Đầu tư và Tư vấn Xây dựng Phú An Thành

³Phân viện Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải phía Nam

⁴Công ty Trách nhiệm hữu hạn Đầu tư VTCO

Tóm tắt: Việc sử dụng đất tại chỗ gia cố xi măng và tro bay kết hợp phụ gia DZ33 làm các lớp móng đường giao thông nông thôn sẽ góp phần giải quyết các bài toán về môi trường và khan hiếm nguồn vật liệu tại các tỉnh khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định các chỉ tiêu cường độ của đất gia cố xi măng và tro bay kết hợp phụ gia DZ33. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã kiến nghị tỷ lệ trộn đất - phé thải tro bay tương ứng là 65% - 35% theo khối lượng hỗn hợp dùng để gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33. Đồng thời đề xuất kết cấu áo đường giao thông nông thôn có sử dụng hỗn hợp đất gia cố cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: Chỉ số CBR, cường độ chịu nén, cường độ kéo khi ép chế, móng đường, mô đun đàn hồi, phụ gia DZ33.

Mã phân loại: 11.2

Abstract: The use of on-site soil reinforced with cement and fly ash combined with the DZ33 additive as the sub-grade layers of rural roads will contribute to solving environmental problems and material scarcity in Mekong Delta Area. The paper presents the results of experimental research to determine the strength parameters of cement-reinforced soil and DZ33 sub-combined fly ash. Based on the obtained results, it was recommended that the ratio of on-site soil and fly ash used for reinforcing cement and DZ33 additive was 65% and 35% by weight of mixes, respectively. In addition, the pavement structures using a soil mixture reinforced cement for the Mekong Delta were proposed.

Keywords: CBR, compressive strength, indirect tensile strength, subgrade pavement, elastic modulus, additive DZ33.

Classification code: 11.2

1. Giới thiệu

Hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ đóng vai trò vô cùng quan trọng trong ngành giao thông vận tải góp phần thúc đẩy sự phát triển về mọi mặt của đất nước. Cũng như nhiều địa phương khác trong cả nước, những năm qua mạng lưới đường bộ khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) được đầu tư phát triển với cường độ cao. Nhiều tuyến đường đã, đang và sẽ được đầu tư xây dựng mới. Đặc biệt, trong thời gian tới khu vực này sẽ được Chính phủ đầu tư xây dựng 07 tuyến đường bộ cao tốc, bao gồm các đoạn: Chơn Thành - Đức Hòa, Đức Hòa - Mỹ An, Mỹ An - Cao Lãnh, An Hữu - Cao Lãnh, Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc

Trăng, Cần Thơ - Cà Mau, Hà Tiên - Rạch Giá - Bạc Liêu [19].

Các tỉnh tại khu vực ĐBSCL, trừ tỉnh An Giang và Kiên Giang, hiện đang khan hiếm nguồn vật liệu làm đường. Do đó, việc tận dụng, cải thiện và sử dụng tốt nguồn vật liệu sẵn có tại địa phương để làm các lớp kết cấu áo đường cần được quan tâm đúng mức. Một trong những giải pháp giải quyết hiệu quả vấn đề trên là gia cố đất tại chỗ bằng chất kết dính vô cơ, hóa chất hoặc gia cố tổng hợp.

Đã có nhiều kết quả nghiên cứu sử dụng đất tại chỗ bằng chất kết dính vô cơ, hóa chất hoặc gia cố tổng hợp trong các lớp kết cấu áo đường được công bố [1] - [10]. Trong đó phải kể đến kết cấu áo đường có

lớp móng được xây dựng từ vật liệu đất tại chỗ gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33 thay vật liệu đá dăm truyền thống, tầng mặt là lớp láng nhũ tương nhựa đường hoặc nhựa nóng tại một số tuyến đường giao thông nông thôn ở tỉnh Cà Mau [3], [20]. Tuy nhiên, thực tế khai thác cho thấy trên các công trình này có xuất hiện các hư hỏng mặt đường, đặc biệt là có tuyến đang thi công chưa nghiệm thu bị hư hỏng nặng. Nguyên nhân chủ yếu làm xuất hiện tình trạng hư hỏng này là do cường độ của hỗn hợp đất gia cố chưa đáp ứng tốt yêu cầu làm việc ở điều kiện bất lợi ẩm [3].

Những phân tích ở trên cho thấy, việc nghiên cứu cải thiện cường độ hỗn hợp đất tại chỗ và phế thải tro bay (PTTB) bằng xi măng kết hợp phụ gia DZ33 làm móng đường giao thông nông thôn tại khu vực ĐBSCL là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

DZ33 là chất lỏng đa enzyme hữu cơ như permazyme hoặc terrazyme được chiết xuất lên men từ rau, quả hay tinh chế trong công đoạn cuối ở dây chuyền nhà máy sản xuất đường, giấy v.v... Các loại enzyme này có thể được sử dụng để gia cố đất, giúp cải thiện cường độ, giảm công đầm nén, gia tăng độ chặt và nâng cao khả năng chống thấm. Cơ chế hoạt động của DZ33 khi gia cố đất gồm các bước sau [5]:

- Bước 1: DZ33 đưa các cation hữu cơ vào trong đất và trung hòa điện tích âm trên các phân tử sét;

- Bước 2: Phản ứng ion xảy ra do sự tham gia của DZ33 làm yếu đi liên kết phân tử của lớp màng nước bao bọc các hạt sét và giúp khử nước dễ dàng hơn;

- Bước 3: Thông qua quá trình lu lèn, phản ứng "polime hóa" giữa các phân tử đất xuất hiện, đẩy các phân tử nước và khí tồn tại trong đất ra ngoài, cho phép các phân tử đất gia cố với DZ33 được sắp xếp đồng đều và liên kết chặt chẽ với nhau;

- Bước 4: Liên kết đa phương của các phân tử đất hình thành một cấu trúc khối bền chắc, cải thiện đáng kể sức chịu tải và khả năng chống thấm của lớp vật liệu.

2. Nghiên cứu thực nghiệm

2.1. Vật liệu thí nghiệm

• Đất dùng trong nghiên cứu này được lấy tại đường kênh Ông Tơ, thành phố Cà Mau. Đất được phơi, hong khô, đập nhỏ và sàng qua rây 5 mm. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật được thể hiện trong bảng 1 cho thấy đất nguyên dạng thuộc loại sét nặng ($I_p = 25.20\% > 25\%$) theo [13];

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của đất nguyên dạng.

Chỉ tiêu (Quy trình thí nghiệm)		Kết quả
Độ ẩm (TCVN 4196:2012)	W (%)	7.20
Thành phần hạt Phần trăm cỡ hạt lọt sàng (%) (TCVN 4198:2014)	1 (mm)	100
	0.5 (mm)	99
	0.25 (mm)	98.3
	0.1 (mm)	97.1
Giới hạn chảy, dẻo (TCVN 4197:2012)	W_L (%)	45.18
	W_P (%)	19.98
	I_p (%)	25.20
Đầm nén Protor tiêu chuẩn (22TCN 333:2006)	γ_{kmax} (g/cm ³)	1.602
	W_{opt} (%)	22.22

• PTTB dùng trong nghiên cứu này được lấy từ nhà máy nhiệt điện Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh;

• Xi măng Nghi Sơn PCB40, thỏa mãn các yêu cầu trong [14];

• Phụ gia DZ33 (hình 1) được công ty Environmental Choices Inc Vietnam cung cấp.



Hình 1. Phụ gia DZ33.

2.2. Xác định tỷ lệ phối trộn hợp lý đất và PTTB

Trong nghiên cứu này, đất và PTTB được trộn theo các tỷ lệ dưới đây:

- 80% đất + 20% PTTB;
- 65% đất + 35% PTTB;
- 50% đất + 50% PTTB.

Tiến hành thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp đất và PTTB với các tỷ lệ trộn như trên.

Bảng 2. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp đất – PTTB.

Chỉ tiêu	80% đất + 20% PTTB	65% đất + 35% PTTB	50% đất + 50% PTTB
Giới hạn chảy W_L , %	35.56	32.33	31.27
Giới hạn dẻo W_p , %	18.64	17.37	16.76
Chỉ số dẻo I_p , %	16.92	14.96	14.51
Dung trọng khô lớn nhất, g/cm^3	1.608	1.620	1.607
Độ ẩm tối ưu, %	20.85	19.50	18.40

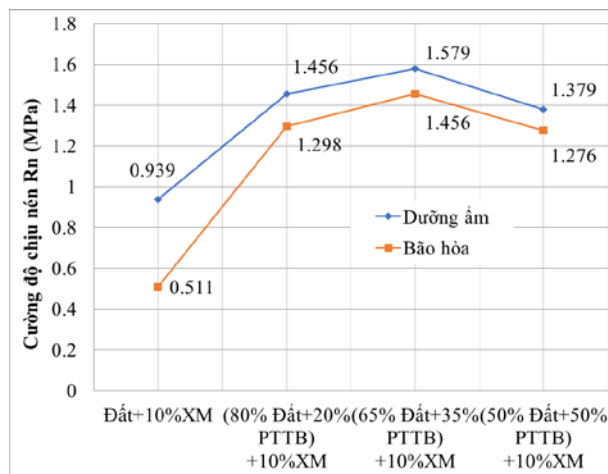
Kết quả thí nghiệm ở bảng 2 cho thấy dung trọng khô lớn nhất của mẫu ở tỷ lệ trộn 65% đất + 35% PTTB có giá trị lớn nhất,

tăng 1.12% so với đất nguyên dạng.

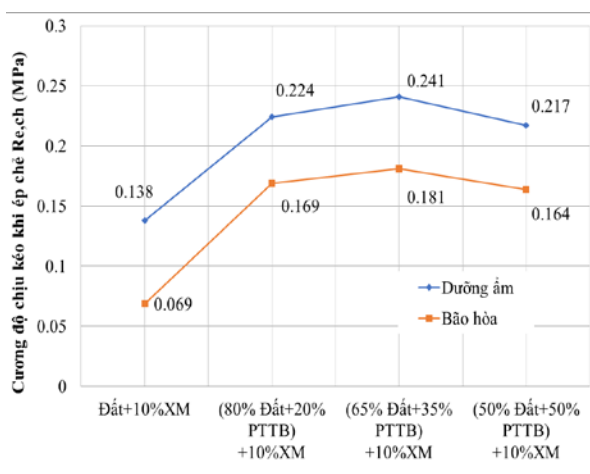
Trên cơ sở hàm lượng xi măng sử dụng để gia cố đất kết hợp phụ gia DZ33 làm lớp móng trên tại một số công trình đường giao thông nông thôn ở tỉnh Cà Mau từ 9 đến 11%, nhóm tác giả chọn hàm lượng xi măng dùng trong nghiên cứu này là 10% theo khối lượng hỗn hợp. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ ở bảy ngày tuổi của hỗn hợp đất – PTTB gia cố 10% xi măng được thể hiện trên các hình 2 - 4.

Kết quả thí nghiệm cho thấy các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đạt giá trị lớn nhất ở tỷ lệ trộn 65% đất + 35% PTTB. Ở tỷ lệ trộn này cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi ép chế và mô đun đàn hồi của hỗn hợp đất – PTTB gia cố 10% xi măng tăng lần lượt 68.16%, 74.64% và 98.83% so với mẫu đối chứng (đất gia cố 10% xi măng theo [3]) ở trạng thái dưỡng ẩm; tăng lần lượt 184.93%, 162.32% và 331.66% đối với mẫu bão hòa. Điều này được giải thích do các hạt mịn trong PTTB đóng vai trò là vật liệu chèn lấp vào những lỗ rỗng giữa các hạt lớn hơn làm tăng độ chặt cấu trúc và cải thiện các chỉ tiêu cường độ của vật liệu gia cố xi măng.

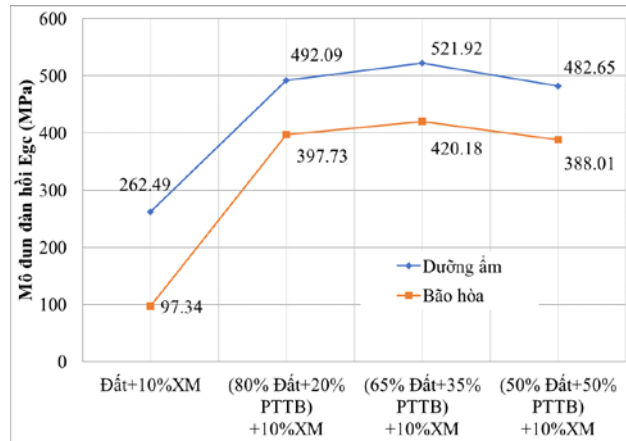
Trên cơ sở đó, nhóm tác giả chọn tỷ lệ trộn 65% đất + 35% PTTB để dùng trong các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 2. Cường độ chịu nén ở 07 ngày tuổi của hỗn hợp đất – PTTB.



Hình 3. Cường độ chịu kéo khi ép chế ở 07 ngày tuổi của hỗn hợp đất – PTTB.



Hình 4. Mô đun đàn hồi ở 07 ngày tuổi của hỗn hợp đất – PTTB

2.3. Thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33

Nghiên cứu này trình bày kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng có và không sử dụng phụ gia DZ33. Theo khuyến cáo của nhà sản xuất thì 01 lít DZ33 được sử dụng để gia cố 30 m³ đất đã lèn chặt. DZ33 được hòa vào lượng nước vừa đủ để trộn ướt đạt độ ẩm tối ưu W_{opt} .

Tiến hành đúc các tổ mẫu (mỗi tổ gồm 03 mẫu) để thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi ép chệch, mô đun đàn hồi ở 07, 14 và 28 ngày tuổi; sức chịu tải CBR ở 14 ngày tuổi.

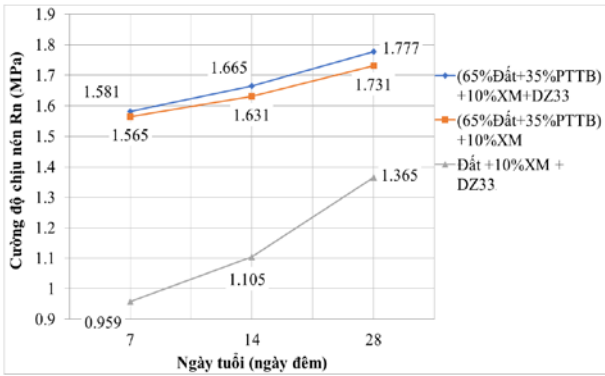
Thí nghiệm được tiến hành đối với mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm và bão hòa. Mẫu thí nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo các quy định ở [15] - [18]. Thí nghiệm xác định những chỉ tiêu cường độ được thực hiện theo quy định của các tiêu chuẩn hiện hành: Cường độ chịu nén theo [17], cường độ chịu kéo khi ép chệch theo [15], mô đun đàn hồi theo [16], CBR theo [18]. Tổng hợp kết quả thí nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

2.4. Phân tích kết quả

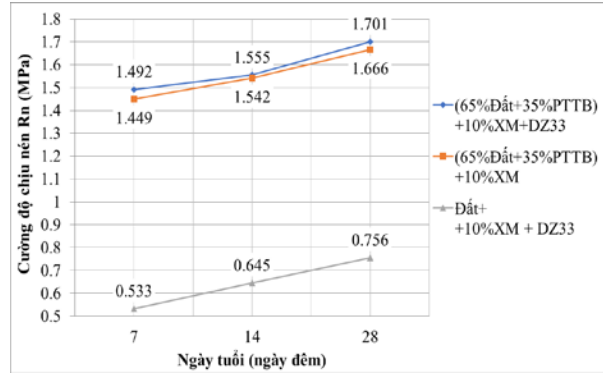
Từ kết quả thí nghiệm trong bảng 3, tiến hành lập biểu đồ so sánh các chỉ tiêu cường độ các mẫu thí nghiệm (hình 5 - 11).

Bảng 3. Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33.

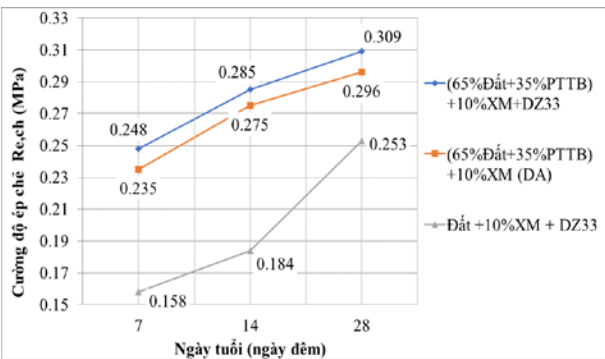
Chỉ tiêu thí nghiệm	Trạng thái thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm								
		Đất +10%XM + DZ33 theo [3] (Mẫu đối chứng)			(65%Đất + 35%PTTB) + 10%XM			(65%Đất + 35%PTTB) + 10%XM + DZ33		
Ngày tuổi		07	14	28	07	14	28	07	14	28
Cường độ chịu nén R_n (MPa)	Dưỡng ẩm	0.959	1.105	1.365	1.565	1.631	1.731	1.581	1.665	1.777
	Bão hòa	0.533	0.645	0.756	1.449	1.542	1.666	1.492	1.555	1.701
Mô đun đàn hồi E_{gc} (MPa)	Dưỡng ẩm	276.6	328.1	398.6	510.6	608.8	664.4	582.8	638.7	700.2
	Bão hòa	124.5	171.4	242.9	413.9	474.7	512.8	573.1	595.3	653.2
Cường độ ép chệch $R_{e,ch}$ (MPa)	Dưỡng ẩm	0.158	0.184	0.253	0.235	0.275	0.296	0.248	0.285	0.309
	Bão hòa	0.081	0.112	0.122	0.174	0.228	0.263	0.203	0.236	0.275
Sức chịu tải CBR ở độ chặt (%)	98	-	52.33	-	-	115	-	-	123	-
	95	-	47.59	-	-	95	-	-	102	-
	90	-	-	-	-	63	-	-	67	-



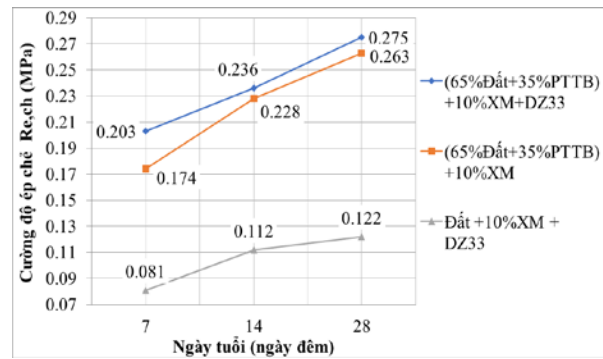
Hình 5. Biểu đồ so sánh cường độ chịu nén của các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm.



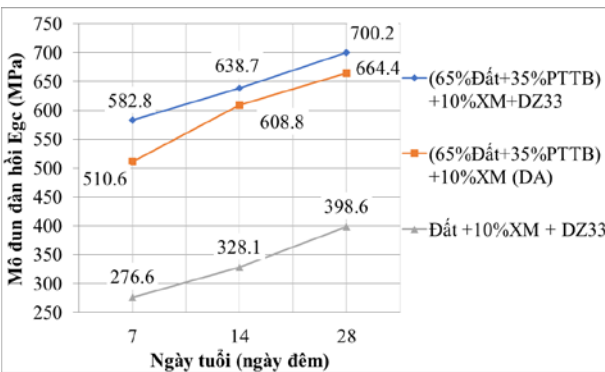
Hình 6. Biểu đồ so sánh cường độ chịu nén của các mẫu ở trạng thái bão hòa.



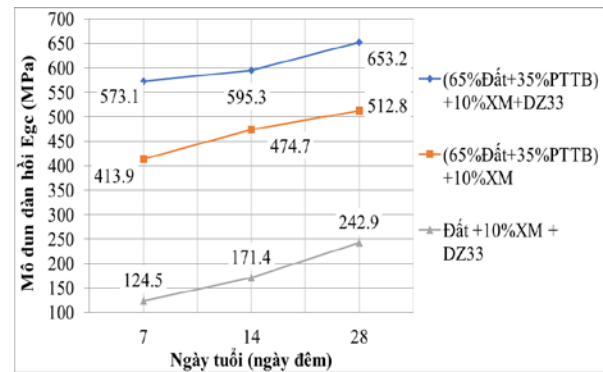
Hình 7. Biểu đồ so sánh cường độ ép chệch của các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm.



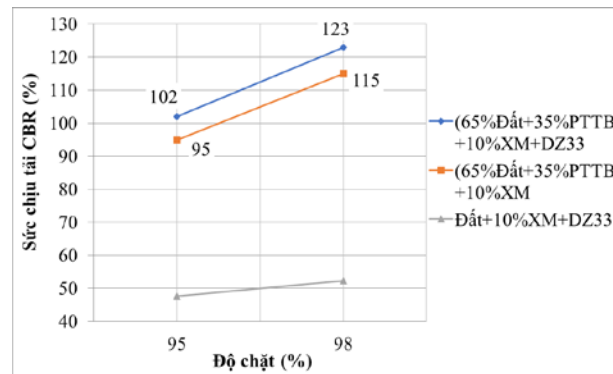
Hình 8. Biểu đồ so sánh cường độ ép chệch của các mẫu ở trạng thái bão hòa.



Hình 9. Biểu đồ so sánh mô đun đàn hồi của các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm.



Hình 10. Biểu đồ so sánh mô đun đàn hồi của các mẫu ở trạng thái bão hòa.



Hình 11. Biểu đồ so sánh sức chịu tải CBR của các mẫu ở các giá trị độ chặt đầm nén khác nhau.

Kết quả thí nghiệm thể hiện ở các hình 5-11 cho thấy:

- Các chỉ tiêu cường độ của các hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố xi măng có hoặc không sử dụng phụ gia DZ33 đều cao hơn so với mẫu đối chứng. Điều này được giải thích là do các hạt mịn trong PTTB đã chèn lấp vào những lỗ rỗng giữa các hạt lớn hơn làm tăng độ chặt cấu trúc và cải thiện đáng kể những chỉ tiêu cường độ của vật liệu gia cố xi măng;

- Cường độ chịu nén sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng kết hợp phụ gia DZ33 cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt 64.86%, 50.68% và 30.18% với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 179.92%, 141.09% và 125% với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Cường độ chịu nén sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt 63.19%, 47.6% và 26.81% với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 171.86%, 139.07% và 120.37% với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Cường độ chịu kéo khi ép chế sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng kết hợp phụ gia DZ33 cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt 56.96%, 54.89% và 22.13% với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 150.62%, 110.71% và 125.41% với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Cường độ chịu kéo khi ép chế sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt 63.19%, 47.6% và 26.81% đối với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 171.86%, 139.07% và 120.37% đối với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Mô đun đàn hồi sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng kết hợp phụ gia DZ33 cao hơn so với mẫu đối chứng lần lượt 110.7%, 94.67% và 75.56% với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 360.32%, 247.32% và 168.92% với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Mô đun đàn hồi sau 07, 14 và 28 ngày tuổi của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng cao hơn so với mẫu đối

chứng lần lượt 84.6%, 85.55% và 66.68% với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm; 232.45%, 176.95% và 111.12% với các mẫu ở trạng thái bão hòa;

- Khi sử dụng phụ gia DZ33 hầu hết các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng đều được cải thiện, tuy nhiên đối với các mẫu ở trạng thái bão hòa thì mức độ cải thiện cao hơn so với các mẫu ở trạng thái dưỡng ẩm. Điều này cho thấy phụ gia DZ33 giúp cải thiện đáng kể khả năng kháng nước của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng;

- Sức chịu tải CBR ở độ chặt 95% và 98% của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng cao hơn mẫu đối chứng lần lượt 99.62% và 119.76%;

- Sức chịu tải CBR ở độ chặt 95% và 98% của hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng kết hợp phụ gia DZ33 cao hơn mẫu đối chứng lần lượt 114.33% và 135.05%;

- Hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng có hoặc không sử dụng phụ gia DZ33 đều đạt độ bền cấp III về cường độ chịu nén (1.701 MPa và 1.666 MPa) và độ bền cấp I về mô đun đàn hồi (653.2 MPa và 512.8 MPa) theo [12].

3. Đề xuất dạng dạng cấu áo đường sử dụng hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33 cho khu vực ĐBSCL

Các kết quả thí nghiệm cho thấy khi trộn thêm một lượng PTTB hợp lý (35% theo khối lượng hỗn hợp) thì các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất gia cố 10% xi măng có hoặc không sử dụng phụ gia DZ33 được cải thiện đáng kể. Do vậy có thể khắc phục được tình trạng hư hỏng đã và đang gặp phải tại các công trình thử nghiệm ở tỉnh Cà Mau.

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đã trình bày, kết cấu áo đường cho đường giao thông nông thôn khu vực ĐBSCL được đề xuất gồm các lớp vật liệu như sau:

- Nền đất đầm chặt $K \geq 95\%$;
- Lớp móng từ hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng kết hợp phụ gia DZ33, chiều dày theo tính toán;

- Ghim đá 1 x 2 tạo dính bám;
- Láng nhựa 03 lớp tiêu chuẩn 4.5 kg/m².

4. Kết luận

Trong điều kiện về vật liệu và thí nghiệm như trong nghiên cứu này, một số kết luận được rút ra như sau:

- Kiến nghị tỷ lệ trộn 65% đất + 35% PTTB để gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33 làm móng đường;

- Khi trộn thêm một lượng PTTB hợp lý thì các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất gia cố xi măng có hoặc không sử dụng phụ gia DZ33 đều được cải thiện rất đáng kể, như đã được trình bày trong nội dung 2.4;

- Phụ gia DZ33 giúp cải thiện các chỉ tiêu cường độ của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng, đặc biệt là đối với các mẫu ở trạng thái bão hòa. Điều đó cho thấy phụ gia DZ33 giúp cải thiện khả năng kháng nước của hỗn hợp đất – PTTB gia cố xi măng;

- Hỗn hợp 65% đất + 35% PTTB gia cố 10% xi măng có hoặc không sử dụng phụ gia DZ33 đều đạt độ bền cấp III về cường độ chịu nén và độ bền cấp I về mô đun đàn hồi theo [12];

- Đã đề xuất kết cấu áo đường cho đường giao thông nông thôn khu vực Đồng bằng Sông Cửu Long □

Tài liệu tham khảo

- [1] Võ Việt Chương (2016), *Nghiên cứu sử dụng đất gia cố xi măng và tro bay trong xây dựng đường giao thông nông thôn tại huyện Đức Hòa, tỉnh Long An*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [2] Nguyễn Thanh Giang (2016), *Nghiên cứu sử dụng đất sỏi gia cố xi măng trong xây dựng đường ô tô tại tỉnh Bình Phước*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [3] Nguyễn Mạnh Hùng (2017), *Báo cáo kỹ thuật kiểm tra đánh giá tính hiệu quả của công nghệ và vật liệu đất gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33 làm đường GTNT ở Cà Mau*;
- [4] Phạm Ngọc Anh Kha (2016), *Nghiên cứu sử dụng đất gia cố xi măng và vôi trong xây dựng đường giao thông nông thôn tại huyện Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [5] Tạ Văn Minh (2019), *Nghiên cứu cải thiện cường độ đất tại chỗ gia cố xi măng kết hợp phụ gia DZ33 bằng cách sử dụng phế thải tro bay*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [6] Phạm Hoàng Nhân (2016), *Nghiên cứu sử dụng phụ gia SA44/LS40 gia cố đất trong xây dựng đường giao thông trên địa bàn tỉnh Bến Tre*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [7] Trần Văn Nhường (2016), *Nghiên cứu sử dụng đất gia cố xi măng trong xây dựng đường ô tô tại huyện Đông Hòa, tỉnh Phú Yên*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [8] Trần Văn Vĩnh (2016), *Nghiên cứu sử dụng đất gia cố xi măng làm móng, mặt đường giao thông nông thôn tại huyện Châu Thành tỉnh Tây Ninh*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật;
- [9] Podolsky VI.P., Nguyen Van Long, Nguyen Duc Sy (2014), *On the Possibility of the Expansion of a Road Construction Resource by the Soil Stabilization and Consolidation*, Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, no 1(33)/2014, pp. 102-111;
- [10] А. Е. Акимов, А. И. Траутвайн, В. Б. Черногиль (2017), *Повышение физико-механических характеристик укрепленных грунтов при применении стабилизирующих добавок серии Чимстон*, Наука и образование в современных условиях: сборник материалов международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск: Научно-издательский «Мир науки», С. 49–55;
- [11] ASTM C618, 2019 - Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete;
- [12] 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 thí công và nghiệm thu;
- [13] TCVN 5747:1993 - Đất xây dựng - Phân loại;
- [14] TCVN 2682-2009 - Xi măng poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật;
- [15] TCVN 8862-2011 - Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính;
- [16] TCVN 9843-2013 - Xác định mô đun đàn hồi của vật liệu đá gia cố chất kết dính vô cơ trong phòng thí nghiệm;
- [17] 22 TCN 333-06 - Quy trình đầm nén đất đá dăm trong phòng thí nghiệm;
- [18] 22TCN 332-06 - Quy trình thí nghiệm xác định chỉ số cbr của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm;
- [19] *Bảy tuyến cao tốc thay đổi diện mạo đồng bằng sông Cửu Long*, Available: <http://baochinhphu.vn/Kinh-te/7-tuyen-cao-toc-thay-doi-dien-mao-dong-bang-song-Cuu-Long/411053.vgp>, Ngày truy cập: 31/03/2021;

[20] *Làm đường bằng chất phụ gia DZ33: Giải pháp thời kỳ ngân sách hạn hẹp,*

Available: <http://baocamau.com.vn/kinh-te/lam-duong-bang-chat-phu-gia-dz33-giai-phap-thoi-ky-ngan-sach-han-hep-36851.html>,

Ngày truy cập: 31/03/2021.

Ngày nhận bài: 06/04/2021

Ngày chuyển phản biện: 09/04/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 01/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/05/2021