

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG TRO BAY (FA) VÀ MAGIÊ OXYT (MgO) ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA ĐẤT Bùn SAU CỨNG HÓA

Nguyễn Quang Phú

Trường Đại học Thủy lợi

Ngô Anh Quân, Ngô Cảnh Tùng

Viện Thủy công

Tóm tắt: Sử dụng hỗn hợp chất kết dính gồm xi măng kết hợp với phụ gia khoáng (tro bay - FA) và phụ gia hóa học Magiê oxyt (MgO) để cứng hóa đất bùn nạo vét làm vật liệu san lấp và đắp đê bao bờ bao là rất cần thiết tại những vùng xây dựng khan hiếm về nguồn cát tự nhiên. Trong nghiên cứu sử dụng các hỗn hợp gồm (Xi măng + Tro bay) và Magiê oxyt để cứng hóa đất bùn ở các vùng nước khác nhau gồm nước lợ, nước ngọt và nước mặn tại tỉnh Cà Mau thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long. Đất bùn cứng hóa đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật để thay thế cát trong san lấp mặt bằng và đắp đê bao bờ bao. Kết quả thí nghiệm cho thấy sử dụng phương pháp cứng hóa đất bùn bằng hỗn hợp (Xi măng + Tro bay + MgO) cho hệ số thấm của đất bùn cứng hóa rất thấp, $K_t = 3.80 \times 10^{-8}$ đến 4.50×10^{-8} m/s, cường độ của đất bùn cứng hóa tăng từ 52.58% đến 55.06% so với mẫu đất bùn chỉ dùng cứng hóa bằng xi măng.

Từ khóa: Xi măng; Magiê oxyt, tro bay; đất bùn cứng hóa.

Summary: Using a binder mixture of cement combined with mineral additives (fly ash - FA) and chemical additive Magnesium Oxide (MgO) to harden dredged soil and mud as filling material and build dikes and embankments is very necessary in construction areas where natural sand resources are scarce. In the study, mixtures of (cement + fly ash) and magnesium oxide were used to harden dredged mud in different water bodies including brackish water, fresh water and salt water in Ca Mau province in the Mekong Delta. The stabilized dredging soil meets the technical requirements to replace natural sand in leveling and building dikes and embankments. Experimental results show that using the method of hardening mud with a mixture (Cement + Fly Ash + MgO) to get very low permeability coefficient of hardened mud, $K_t = 3.80 \times 10^{-8}$ to 4.50×10^{-8} m/s, the strength of the dredging soil after hardening increased from 52.58% to 55.06% compared with that of the cement solidified sample.

Keywords: Cement; Magnesium oxide, Fly ash; Stabilized dredging soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Quy hoạch tổng thể phát triển vật liệu xây dựng (VLXD) của Hiệp hội Xây dựng, nhu cầu cát xây dựng của nước ta năm 2015 là 92 triệu m³/năm và năm 2020 tăng lên 130 triệu m³/năm. Trong những năm tiếp theo, nhu cầu xây dựng tăng rất nhanh, thì lượng cát cần thiết để đáp ứng đủ cho xây dựng là rất lớn, vì vậy để đáp ứng nhu cầu này về lâu dài rất khó,

bởi cát là nguồn tài nguyên ít tái tạo. Trong tình hình khan hiếm cát xây dựng đã xảy ra trên toàn quốc do nhu cầu xây dựng phát triển rất nhanh, do tình hình giá cát tăng đột biến, để góp phần giải quyết việc bảo đảm cung cầu về cát xây dựng và bình ổn giá cát, Bộ Xây dựng đã đề xuất và kiến nghị với Thủ tướng Chính phủ một số giải pháp, trong đó: Các Bộ, Ngành và địa phương cần tăng cường triển khai thực hiện Quyết định số 452/QĐ-TTg ngày 12/4/2017 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa

Ngày nhận bài: 20/8/2024

Ngày thông qua phản biện: 13/9/2024

Ngày duyệt đăng: 01/10/2024

chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất VLXD và trong công trình xây dựng, trong đó có việc sử dụng phế thải tro bay làm vật liệu san lấp thay thế cát tự nhiên cũng đã được nghiên cứu và sử dụng.

Trong những năm gần đây, do nhu cầu xây dựng đường cao tốc cũng như đắp đê bao, bờ bao và các lĩnh vực xây dựng khác tăng nhanh, dẫn đến tình hình khan hiếm cát xây dựng đã xảy ra trên toàn quốc, đẩy giá cát tăng đột biến do nhu cầu xây dựng tăng cao. Giải pháp cứng hóa đất bùn nạo vét để thay thế cát san nền và cát đắp của vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) được nghiên cứu trên cơ sở đánh giá những lợi thế áp dụng đối với vùng ĐBSCL: (1) Hệ thống giao thông thủy và hệ thống kênh mương thủy lợi lớn mà hàng năm phải nạo vét để đảm bảo an toàn phòng lũ; (2) Trữ lượng cát san nền tại vùng ĐBSCL ngày càng cạn kiệt, nếu tiếp tục khai thác sẽ kéo theo hiện tượng xói lở bờ sông, bờ biển của toàn vùng, gây mất an toàn. Việc nghiên cứu cứng hóa đất bùn nạo vét không những mang giá trị khoa học mà còn mang ý nghĩa chính trị rất lớn, góp phần không nhỏ trong việc phòng chống xói lở tại vùng ĐBSCL. Bên cạnh đó, khi đất bùn được cứng hóa sẽ thay thế cát tự nhiên, giải quyết vấn đề khan hiếm cát cho san lấp nền và đắp bờ đê bao trong xây dựng tại các tỉnh thuộc vùng ĐBSCL.

Trong thực tế có nhiều giải pháp để xử lý đất bùn nạo vét cho mục đích xây dựng, như đóng rắn đất bùn bằng phương pháp nhiệt [2, 4]; cứng hóa đất bùn bằng các chất kết dính vô cơ như các phụ gia khoáng gồm puzzolan thiên nhiên, tro bay, xỉ lò cao, xỉ măng.....[10, 17]; sử dụng các chất kết dính hữu cơ hay polyme cũng đã được áp dụng nhiều nơi trên thế giới cho việc gia cố đất [13, 14].

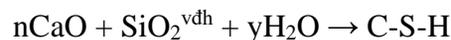
Trong nghiên cứu sử dụng giải pháp vật liệu gồm xi măng kết hợp với phụ gia khoáng hoạt tính là tro bay (Fly Ash - FA) và Magiê oxyt (MgO) để cứng hóa đất bùn nạo vét tại tỉnh Cà Mau thuộc khu vực ĐBSCL. Thông qua các thí nghiệm, xác định được tỷ lệ vật liệu hợp lý để đất bùn sau cứng hóa có chất lượng đạt yêu

cầu theo TCVN 8217:2009, tương đương với đất trạng thái dẻo cứng với các chỉ tiêu kỹ thuật như: độ sệt: $0.25 < I_L < 0.5$, lực dính $C_{tc} = 32 \div 57$ kPa, cường độ nén: $Q_u = 200 \div 400$ kPa và góc ma sát trong $\varphi = 11 \div 18^\circ$. Đất bùn sau khi được xử lý cứng hóa có thể ứng dụng trong san lấp mặt bằng, đắp bờ bao, đê bao thay thế cát tự nhiên. Trong nghiên cứu đã thí nghiệm với 03 loại đất bùn khác nhau đại diện tại tỉnh Cà Mau (đất bùn thuộc vùng nước ngọt, nước lợ và nước mặn) với các tỷ lệ trộn Xi măng, Tro bay và Magiê oxyt khác nhau, thông qua thí nghiệm xác định một số chỉ tiêu kỹ thuật của đất bùn cứng hóa thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật thiết kế.

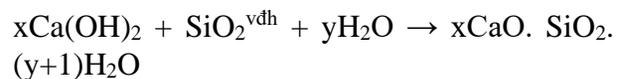
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT GIA CỐ ĐẤT Bùn BẰNG CHẤT KẾT DÍNH

Đề gia cố đất bùn có thể sử dụng nhiều loại chất kết dính như: xi măng Poóclăng, hoặc vôi kết hợp với các chất phụ gia như: tro bay, xỉ lò cao, các loại puzzolan tự nhiên hay nhân tạo. Tuy nhiên xi măng vẫn là chất kết dính được sử dụng nhiều và rộng rãi nhất.

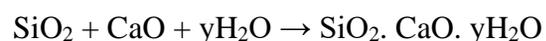
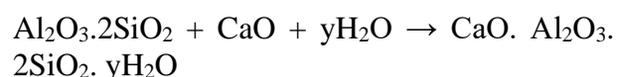
Cơ chế của việc cứng hóa và cải tạo đất bùn bằng xi măng Poóclăng là hiện tượng keo tụ thông qua các phản ứng trao đổi cation và tạo ra các keo C-S-H thông qua các phản ứng puzzolan trong môi trường đất bùn:



Sau khi trộn với nước các chất liên kết hỗn hợp (như vôi - tro bay, vôi - Puzolan...) sẽ sinh ra phản ứng sau:



Như vậy là SiO_2 vô định hình phản ứng với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ để tạo thành silicat thủy hóa. Chất này, sau một thời gian dài sẽ biến thành silicat thủy hóa kết tinh. Với chất liên kết vôi - sét khi trộn với nước sẽ có hai phản ứng sau đây sinh ra các thành phần thủy hóa ổn định:



Các thành phần thủy hóa ổn định này sau một

thời gian sẽ trở thành các thành phần thủy hóa kết tinh và rắn chắc.

3. VẬT LIỆU SỬ DỤNG NGHIÊN CỨU

3.1. Đất bùn

Trong nghiên cứu đã thí nghiệm với 03 loại đất bùn khác nhau (đất bùn thuộc vùng nước

lợ, nước ngọt và nước mặn) được lấy ở tỉnh Cà Mau. Tính chất cơ lý gồm độ ẩm tự nhiên, khối lượng tự nhiên, khối lượng riêng của bùn khô, các chỉ tiêu Atterberg (giới hạn chảy, giới hạn dẻo, độ sệt), chỉ tiêu lực học (góc ma sát trong, lực dính) của 3 mẫu bùn thí nghiệm cứng hóa được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1: Chỉ tiêu cơ lý của 3 mẫu bùn thí nghiệm

Ký hiệu mẫu	Độ ẩm tự nhiên	Khối lượng thể tích tự nhiên	Khối lượng riêng	Giới hạn Atterberg			Chỉ tiêu lực học	
				Giới hạn chảy	Giới hạn dẻo	Độ sệt	Góc ma sát trong	Lực dính
				W_l	W_p	I_L	φ	C
	W	γ_w	γ_a	W_l	W_p	I_L	φ	C
	%	g/cm^3	g/cm^3	%	%		độ	kPa
Bùn nước lợ	82.2	1.47	2.53	72.0	41.8	1.38	2°39'	14.0
Bùn nước ngọt	90.8	1.58	2.60	69.0	38.0	2.06	2°22'	13.2
Bùn nước mặn	87.5	1.49	2.52	69.7	39.0	1.46	3°28'	14.9

3.2. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PCB40 Hà Tiên để thiết kế, kết quả thí nghiệm một số tính

chất của xi măng như trong bảng 2. Xi măng đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2009.

Bảng 2: Tính chất của xi măng

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	3.10
2	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,09 mm)	%	3.65
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	27.5
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	119
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	185
5	Độ ổn định thể tích	mm	3.0
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	N/mm^2	23
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	N/mm^2	44

3.3. Phụ gia khoáng hoạt tính (Tro bay)

Phụ gia khoáng tro bay của nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 1 được sử dụng trong

nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm một số tính chất của tro bay đạt yêu cầu theo TCVN1032:2014.

Bảng 3: Tính chất của tro bay Duyên Hải 1

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Độ ẩm	%	0.28
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	944
3	Tỷ trọng	g/cm^3	2.24
4	Hàm lượng mất khi nung	%	6.48

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
5	Hàm lượng SiO ₂	%	56.02
6	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	%	6.61
7	Hàm lượng Al ₂ O ₃	%	22.47
8	Hàm lượng SO ₃	%	0.22

3.4. Magiê oxit (MgO)

MgO được sử dụng trong nghiên cứu là MgO công nghiệp. Kết quả thí nghiệm các tính chất

của Magiê oxit sử dụng trong thí nghiệm được trình bày trong bảng 4 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7709:2007.

Bảng 4: Kết quả thí nghiệm tính chất của Magiê oxit

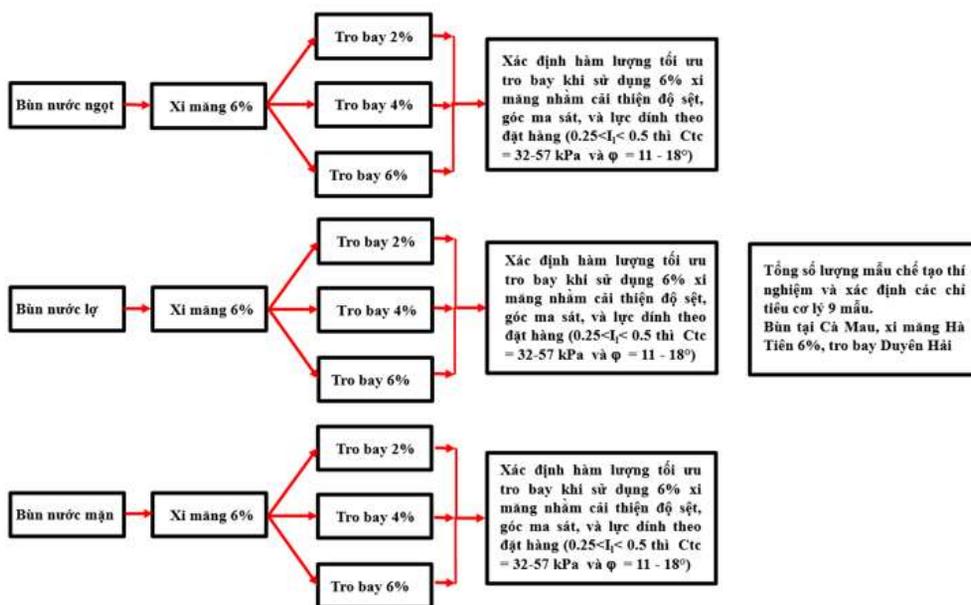
TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả TNo	Qui định TCVN 7709:2007
1	Hàm lượng MgO	%	85,26	≥80
2	Màu sắc		Bột màu trắng	
3	Cỡ hạt qua sàng 0.5mm	%	100	100
4	Cỡ hạt qua sàng 0.075	%	62	≥50

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Thiết kế cấp phối đất bùn cứng hóa

Theo [23], thì đất bùn cứng hóa bằng xi măng đã đáp ứng được một số yêu cầu thiết kế đặt ra của bùn cứng hóa dùng trong san lấp mặt bằng hay đắp bờ bao, đê bao. Tuy nhiên, mục đích của đề tài là các kết quả nghiên cứu đất bùn cứng hóa phải có hệ số thấm rất thấp, cường độ chịu nén cao, loại đất bùn sau cứng hóa này có thể thay thế cát tự nhiên trong việc san lấp

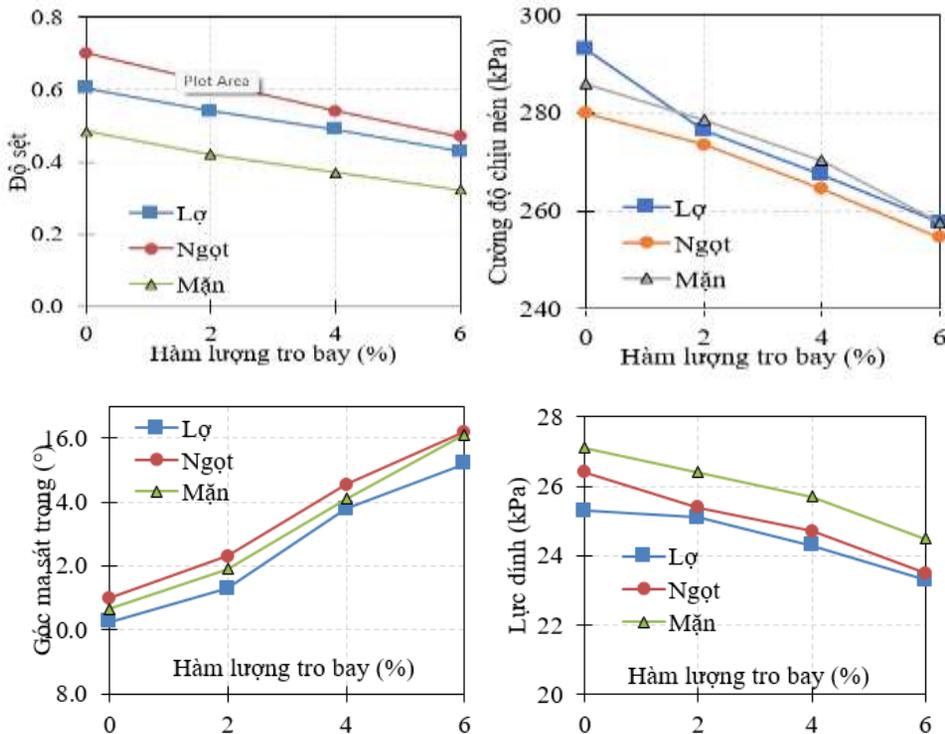
mặt bằng, đắp bờ bao, đê bao và các công việc khác cho toàn vùng ĐBSCL. Vì vậy, đề tài tiếp tục nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng Tro bay (FA) và Magiê ôxyt (MgO) thiết kế cấp phối vật liệu để cứng hóa đất bùn. Trong thiết kế sử dụng hàm lượng MgO lần lượt là 0,5%; 1,0% và 2,0% để cứng hóa đất bùn nạo vét kết hợp với Xi măng và Tro bay. Tỷ lệ các thành phần vật liệu chất kết dính sử dụng trong cứng hóa bùn nạo vét được thể hiện như các sơ đồ dưới đây.



Hình 1: Sơ đồ thiết kế cấp phối cứng hóa đất bùn sử dụng Xi măng và Tro bay

Bảng 5: Các chỉ tiêu cơ lý của bùn cứng hóa sử dụng xi măng và tro bay

Loại bùn	Ký hiệu mẫu	Xi măng	Tro bay	Độ ẩm tự nhiên	Giới hạn chảy	Giới hạn dẻo	Độ sệt	Góc ma sát trong	Lực dính	Cường độ
				W	W _L	W _P	I _L	φ	C	Q _u
		%	%	%	%	%		độ	kPa	kPa
Nước lợ	X2	6	0	86.9	98.9	68.6	0.6	10.3	25.3	293.0
	XTB1	6	2	85.8	100.0	69.2	0.5	11.3	25.1	276.4
	XTB2	6	4	83.9	95.9	72.3	0.5	13.8	24.3	267.5
	XTB3	6	6	83.9	96.7	74.3	0.4	15.2	23.3	257.6
Nước ngọt	X5	6	0	84.9	92.3	67.5	0.7	11.0	26.4	280.0
	XTB3	6	2	82.9	90.7	70.2	0.6	12.3	25.4	273.6
	XTB4	6	4	85.9	98.3	71.3	0.5	14.5	24.7	264.5
	XTB5	6	6	85.8	101.1	72.3	0.5	16.2	23.5	254.6
Nước mặn	X8	6	0	83.8	100.5	68.2	0.5	10.7	27.1	286.0
	XTB7	6	2	85.9	108.9	69.2	0.4	11.9	26.4	278.6
	XTB8	6	4	85.8	112.2	70.3	0.4	14.1	25.7	270.3
	XTB9	6	6	86.9	117.1	72.5	0.3	16.1	24.5	257.6



Hình 2: Ảnh hưởng của hàm lượng Tro bay đến một số tính chất của đất bùn cứng hóa

*** Nhận xét:**

Sử dụng cấp phối Xi măng + Tro bay làm giảm

cường độ, lực dính khi sử dụng riêng 6% hàm lượng xi măng do Tro bay không thủy hóa được trong bùn khi các phản ứng pozzolanic khó diễn

ra. Độ sệt có được cải thiện, tuy nhiên kể cả với 6% Tro bay độ sệt cải thiện không lớn đối với cả ba loại bùn khi mà bùn nước ngọt và nước lợ có độ sệt đáp ứng sát yêu cầu tối thiểu 0.5 của đề tài đặt ra. Góc ma sát trong được cải thiện với tất cả các hàm lượng Tro bay sử dụng trong thí nghiệm, đạt khoảng 16°. Lực dính chưa đáp ứng yêu cầu kỹ thuật với mọi hàm lượng Tro bay sử dụng.

Cấp phối Bùn nạo vét + 6% Xi măng khi cho trộn thêm tro bay thì độ sệt được cải thiện rõ rệt. Nhằm giảm độ sệt của bùn cứng hóa khi trộn hỗn hợp bùn nạo vét + 6% xi măng chỉ nên sử dụng hàm lượng tro bay từ 2%-4%.

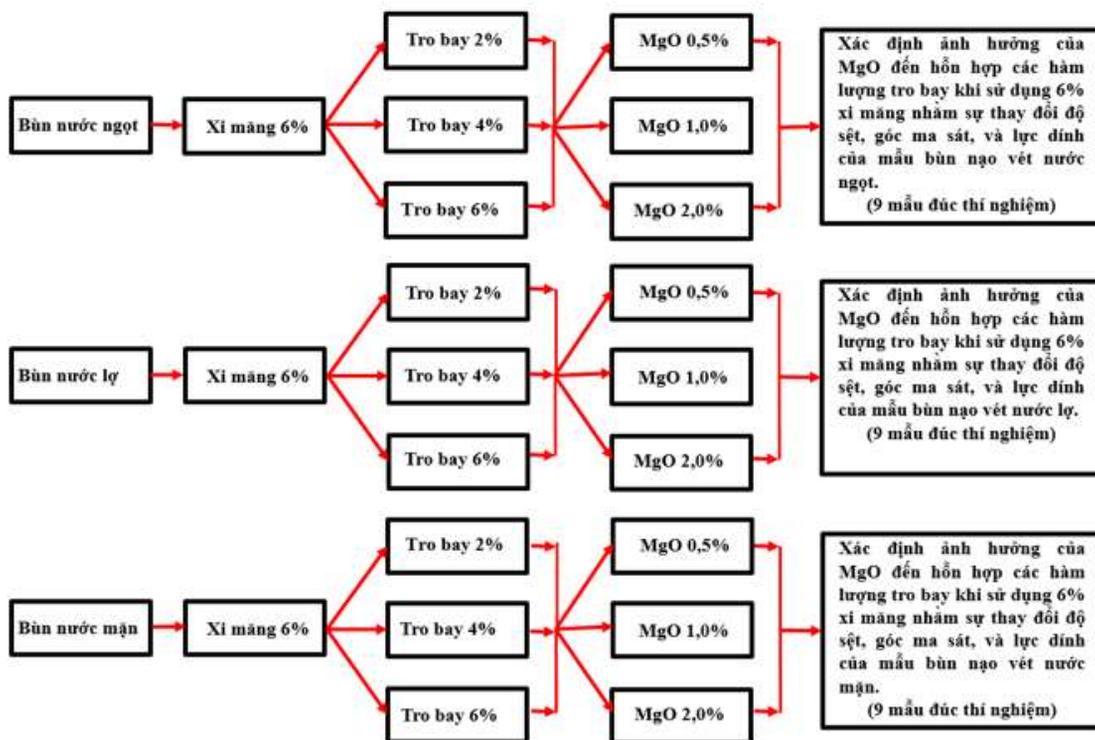
Cấp phối Bùn nạo vét + 6% Xi măng khi cho trộn thêm Tro bay thì góc ma sát trong của hỗn hợp đều tăng. Để tăng lực dính của bùn cứng hóa khi trộn hỗn hợp bùn nạo vét + 6% xi măng chỉ nên sử dụng hàm lượng Tro bay từ khoảng 2%.

Cấp phối Bùn nạo vét + 6% Xi măng khi cho trộn thêm Tro bay thì lực dính của hỗn hợp giảm. Để tăng lực dính của bùn cứng hóa khi

trộn hỗn hợp bùn nạo vét + 6% xi măng chỉ nên sử dụng hàm lượng Tro bay từ 2%-4%.

Cấp phối Bùn nạo vét + 6% Xi măng khi cho trộn thêm Tro bay thì cường độ chịu nén của hỗn hợp giảm.

Như các kết quả thí nghiệm ở trên và theo [23], thì đất bùn cứng hóa bằng hỗn hợp (xi măng + tro bay) đã phần nào đáp ứng được các yêu cầu thiết kế đặt ra của bùn cứng hóa dùng trong san lấp mặt bằng hay đắp bờ bao, đê bao. Tuy nhiên, mục đích của đề tài là các kết quả nghiên cứu đất bùn cứng hóa phải có hệ số thấm rất thấp, loại đất bùn sau cứng hóa này có thể thay thế cát tự nhiên trong việc san lấp mặt bằng, đắp bờ bao, đê bao và các công việc khác cho toàn vùng ĐBSCL. Vì vậy, đề tài tiếp tục nghiên cứu sử dụng magiê ôxyt (MgO) để phối trộn vật liệu và cứng hóa đất bùn. Trong thiết kế sử dụng hàm lượng MgO lần lượt là 0,5%; 1,0% và 2,0% để cứng hóa đất bùn nạo vét kết hợp với xi măng và phụ gia khoáng (tro bay). Tỷ lệ các thành phần vật liệu chất kết dính được thể hiện như sơ đồ dưới đây.



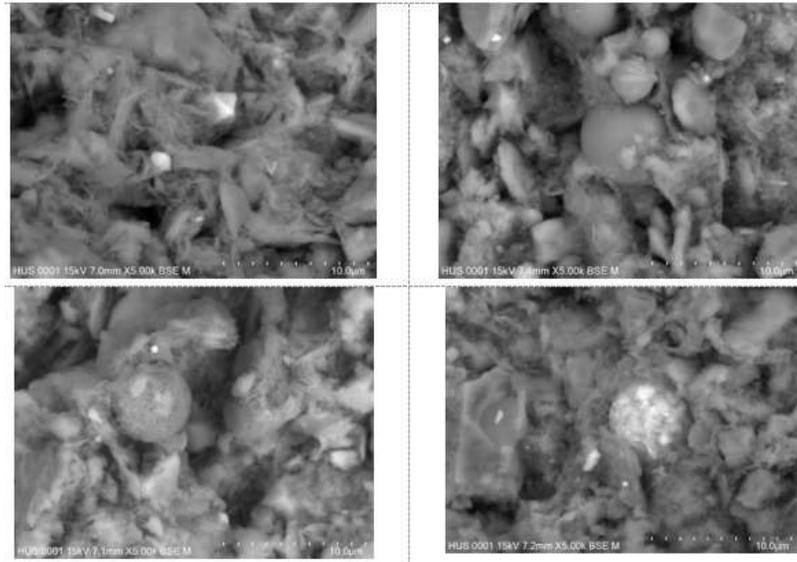
Hình 3: Sơ đồ thiết kế cấp phối cứng hóa đất bùn sử dụng Xi măng, Tro bay và MgO

Bảng 6: Kết quả thí nghiệm của 27 cấp phối Xi măng, Tro bay và MgO

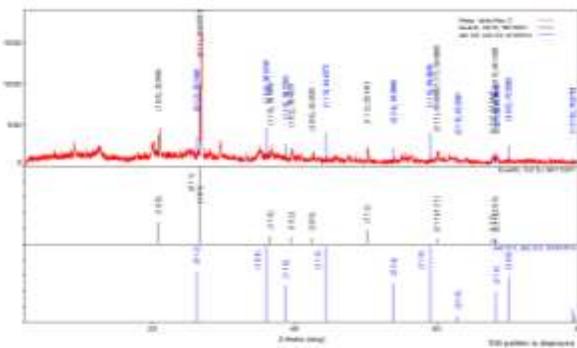
Loại bùn	Ký hiệu mẫu	Xi măng	TB	MgO	Độ ẩm tự nhiên	Giới hạn chảy	Giới hạn đéo	Độ sệt	Góc ma sát trong	Lực dính	Cường độ
					W	W _L	W _P	I _L	φ	C	Q _u
		%	%	%	%	%	%		độ	kPa	kPa
Nước lợ	L_X6TB2M0.5	6	2	0.5	78.10	92.28	64.80	0.48	11.58	29.69	310.30
	L_X6TB4M0.5	6	4	0.5	77.90	101.18	65.87	0.34	15.64	31.19	325.60
	L_X6TB6M0.5	6	6	0.5	77.70	103.67	67.60	0.28	19.56	33.43	374.80
	L_X6TB2M1	6	2	1	69.50	86.02	59.80	0.37	11.82	31.06	319.50
	L_X6TB4M1	6	4	1	69.10	95.18	61.37	0.23	15.90	32.25	334.40
	L_X6TB6M1	6	6	1	69.30	96.36	63.60	0.17	19.76	34.63	384.40
	L_X6TB2M2	6	2	2	57.75	89.63	54.48	0.09	12.91	39.46	372.83
	L_X6TB4M2	6	4	2	57.48	87.50	54.74	0.08	17.01	40.72	398.40
	L_X6TB6M2	6	6	2	58.59	89.51	55.44	0.09	20.80	42.00	447.07
Nước ngọt	N_X6TB2M0.5	6	2	0.5	86.20	104.55	66.64	0.52	12.76	30.85	302.30
	N_X6TB4M0.5	6	4	0.5	86.10	115.68	68.20	0.38	17.76	32.94	319.00
	N_X6TB6M0.5	6	6	0.5	86.50	121.48	68.80	0.34	22.33	35.00	359.10
	N_X6TB2M1	6	2	1	77.00	99.22	61.94	0.40	13.06	32.25	311.30
	N_X6TB4M1	6	4	1	76.10	108.34	63.50	0.28	18.04	34.20	327.20
	N_X6TB6M1	6	6	1	76.50	110.03	64.10	0.27	22.53	36.15	367.50
	N_X6TB2M2	6	2	2	57.43	56.36	57.61	0.15	13.99	38.78	364.63
	N_X6TB4M2	6	4	2	58.48	88.55	55.50	0.09	18.98	41.47	383.20
	N_X6TB6M2	6	6	2	57.71	87.39	56.51	0.04	23.49	44.75	434.17
Nước mặn	M_X6TB2M0.5	6	2	0.5	83.10	100.65	74.30	0.33	12.54	31.53	325.90
	M_X6TB4M0.5	6	4	0.5	83.30	102.40	74.80	0.31	17.02	33.87	345.50
	M_X6TB6M0.5	6	6	0.5	83.00	102.32	76.00	0.27	20.74	36.15	379.70
	M_X6TB2M1	6	2	1	75.10	91.32	70.20	0.23	12.83	32.87	335.70
	M_X6TB4M1	6	4	1	74.30	88.50	70.20	0.22	17.34	35.18	355.30
	M_X6TB6M1	6	6	1	73.00	82.24	71.00	0.18	21.04	37.41	389.30
	M_X6TB2M2	6	2	2	57.49	55.56	57.75	0.12	13.81	40.30	397.03
	M_X6TB4M2	6	4	2	56.38	74.04	54.41	0.10	18.43	43.01	417.97
	M_X6TB6M2	6	6	2	58.55	86.38	54.69	0.12	22.11	45.51	442.63

Bảng 7: Hệ số thấm và khối lượng thể tích của 3 mẫu bùn cứng hóa có cường độ tốt nhất dùng cấp phối Xi măng, Tro bay và MgO

Ký hiệu mẫu	Hệ số thấm	Khối lượng thể tích
	$K \times 10^{-8} \text{ m/s}$	$\gamma_w \text{ (g/cm}^3\text{)}$
L-X6TB6Mg2	4.50	1.48
N-X6TB6Mg2	3.80	1.47
M-X6TB6Mg2	4.33	1.48



Hình 4: Hình ảnh SEM mẫu bùn cứng hóa (Bùn + Xi măng + Tro bay + MgO)



Hình 5: Kết quả phân tích nhiệt vi sai XRD mẫu bùn cứng hóa (Bùn + Xi măng + Tro bay + MgO)

* Nhận xét:

+ Sử dụng phương pháp cứng hóa bùn bằng (Xi măng + Tro bay): Làm giảm cường độ, lực dính so với khi chỉ sử dụng riêng 6% hàm lượng xi măng, điều này là do tro bay không tự thủy phân thủy hóa được trong bùn, các phản ứng pozzolanic khó diễn ra nếu chưa có sự thủy phân thủy hóa của xi măng để tạo ra Ca(OH)_2 . Độ sệt có được cải thiện tuy nhiên kể cả với 6% tro bay thì độ sệt cải thiện không lớn đối với cả ba loại bùn khi mà bùn nước ngọt và nước lợ có độ sệt đáp ứng sát yêu cầu tối thiểu 0.5 của đề tài đặt ra. Góc ma sát trong được cải thiện với tất cả các hàm lượng Tro bay sử dụng, đạt khoảng 16° . Cường độ của đất bùn cứng hóa bằng 6% xi măng kết hợp

với 2%, 4% và 6% Tro bay sẽ giảm so với mẫu đối chứng (không sử dụng Tro bay, chỉ sử dụng 6% xi măng: mẫu X2, X5 và X8).

+ Sử dụng phương pháp cứng hóa bùn bằng (Xi măng + Tro bay + MgO): tất cả các chỉ tiêu kỹ thuật của đất bùn sau cứng hóa đều tăng (bảng 5 và 6), đất bùn cứng hóa thỏa mãn TCVN thiết kế đã đề ra đảm bảo tương đương với đất trạng thái dẻo cứng.

+ Từ kết quả thí nghiệm hệ số thấm ở bảng 7 cho thấy việc sử dụng phương pháp cứng hóa đất bùn bằng hỗn hợp (xi măng + tro bay + MgO) cho hệ số thấm của đất bùn được cứng hóa là thấp nhất, $K_t = 3.80 \times 10^{-8}$ đến 4.50×10^{-8} m/s. Như vậy, đất bùn sau khi được cứng hóa bằng hỗn hợp (Xi măng + Tro bay + MgO) thỏa mãn các điều kiện làm đất đắp san lấp nền hay đắp đê bao, bờ bao thay thế cát.

+ Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) mẫu bùn cứng hóa (Bùn + Xi măng + Tro bay + MgO), xuất hiện tinh thể Mg(OH)_2 và hạt Tro bay chưa thủy hóa. Hình ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM) mẫu bùn cứng hóa (Bùn + Xi măng + Tro bay + MgO) xuất hiện CaCO_3 do phản ứng của CaO và CO_2

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sử dụng hỗn hợp Xi măng + Tro bay + MgO để cứng hóa đất bùn, khi hàm lượng

MgO tăng lên thì độ sệt giảm xuống; còn góc ma sát trong, lực dính và cường độ nén của đất bùn cứng hóa tăng lên khi hàm lượng MgO tăng từ 0,5 đến 2%. Tuy nhiên, để đảm bảo yêu cầu thiết kế đặt hàng đất bùn cứng hóa đáp ứng được yêu cầu thay thế cho vật liệu đắp bờ bao, đê bao tại vùng đồng bằng sông Cửu Long thì có thể lựa chọn cấp phối có hệ số thấm K_t thấp ($K_t = 3.80 \times 10^{-8}$ đến $4.50 \cdot 10^{-8}$ m/s). Đặc biệt là hệ số thấm của đất bùn cứng hóa giảm khá nhiều so với đất bùn cứng hóa chỉ sử dụng phụ gia khoáng là tro bay.

Cần thiết phải khảo sát và thí nghiệm sự kết hợp với các phụ gia hóa học như MgO hoặc các phụ gia hóa học khác, cùng hỗn hợp gồm xi măng và các loại phụ gia khoáng khác để cải thiện các tính chất cơ lý của đất bùn cứng hóa, nhằm đạt được các yêu cầu kỹ thuật thiết

kế, đáp ứng các chỉ tiêu kỹ thuật của đất bùn cứng hóa phục vụ cho mục đích xây dựng.

Việc áp dụng các kết quả thí nghiệm trong phòng với đất bùn ngoài thực tế, cần thiết phải thí nghiệm và điều chỉnh một số chỉ tiêu của đất bùn như hàm lượng nước, điều chỉnh tỷ lệ trộn với các phụ gia khoáng sao cho hợp lý, cũng như cần có một số thí nghiệm hiện trường để đánh giá các kết quả nghiên cứu một cách hợp lý nhất.

LỜI CẢM ƠN:

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài Khoa học và công nghệ: “Nghiên cứu công nghệ cứng hóa đất bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát”, Mã số ĐTDL.CN-33/19.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. N. Little and N. Syam, “Introduction to Soil Stabilization, Understanding the Basics of Soil Stabilization: An Overview of Materials and Techniques,” *Caterpillar*, vol. 7, no. January, pp. 1-16, 2006.
- [2] D. Wang, N. E. Abriak, and R. Zentar, “Strength and deformation properties of Dunkirk marine sediments solidified with cement, lime and fly ash,” *Eng. Geol.*, vol. 166, pp. 90-99, 2013.
- [3] F. Al-Ajmi, H. Abdalla, M. Abdelghaffar, and J. Almatawah, “Strength Behavior of Mud Brick in Building Construction,” *Open J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. 3, p. 482, 2016.
- [4] F. Al-Ajmi, H. Abdalla, M. Abdelghaffar, and J. Almatawah, “Strength Behavior of Mud Brick in Building Construction,” *Open J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. 3, p. 482, 2016.
- [5] Hadi M.N.S., Farhan N.A., và Sheikh M.N. (2017). Design of geopolymer concrete with GGBFS at ambient curing condition using Taguchi method. *Construction and Building Materials*, 140, 424-431.
- [6] Huang Y. và Lin Z.S. (2010). Investigation on phosphogypsum-steel slag-granulated blast-furnace slag-limestone cement. *Construction and Building Materials*, 24, 1296-1301.
- [7] K. T. Rukenya, K. J. Wambua, K. Charles, and T. George, “Soil Stabilization Using Rice Husk Ash and Natural Lime as an Alternative to Cutting and Filling in Road Construction,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 143, no. 5, p. 4016127, May 2017.
- [8] L. Yu and M. Djunaidy, “A Vacuum Consolidation Method Application Case for Improving Dredging Slurry”.
- [9] Lê Huy Cừ và nnk, “Nghiên cứu gia cố đất bằng các phụ gia vô cơ để xây dựng công trình,” *Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ đề tài, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam*, 2007.
- [10] M. D. Liu and S. Pemberton, “A study of the strength of lime treated soft clays,” *Int. Symp. Exhib. Geotech. Geosynth. Eng. Challenges Oppor. Clim. Chang.*, no. December, pp. 245-251, 2010.

- [11] S. A. KALIANNAN, "Light solidification of Kuala Perlis dredged marine soil via admixtures of GGBS - cement and sand: 1-D compressibility study.," no. August, 2016.
- [12] S. Alsafi, N. Farzadnia, A. Asadi, and B. K. Huat, "Collapsibility potential of gypseous soil stabilized with fly ash geopolymer; characterization and assessment," *Constr. Build. Mater.*, vol. 137, pp. 390-409, 2017.
- [13] S. Rezaeimalek, A. Nasouri, J. Huang, S. Bin-Shafique, and S. T. Gilazghi, "Comparison of short-term and long-term performances for polymer-stabilized sand and clay," *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 4, no. 2, pp. 145-155, 2017.
- [14] S. Soleimani, S. Rajaei, P. Jiao, A. Sabz, and S. Soheilinia, "New prediction models for unconfined compressive strength of geopolymer stabilized soil using multi-gen genetic programming," *Measurement*, vol. 113, pp. 99-107, 2018.
- [15] Wang D., Abriak N.E., và Zentar R. (2013). Strength and deformation properties of Dunkirk marine sediments solidified with cement, lime and fly ash. *Engineering Geology*, 166, 90-99.
- [16] Wang D., Zhu J., và He F. (2019). CO₂ carbonation-induced improvement in strength and microstructure of reactive MgO-CaO-fly ash-solidified soils. *Construction and Building Materials*.
- [17] Y. Yi, C. Li, S. Liu, and M. Asce, "Alkali-Activated Ground-Granulated Blast Furnace Slag for Stabilization of Marine Soft Clay," *J. Materail Civ. Eng.*, vol. 11, no. 4, pp. 246-250, 2010.
- [18] Yadu L. và Tripathi R.K. (2013). Effects of Granulated Blast Furnace Slag in the Engineering Behaviour of Stabilized Soft Soil. *Procedia Engineering*, 51, 125-131.
- [19] Yi Y., Liska M., và Al-Tabbaa A. (2014). Properties of Two Model Soils Stabilized with Different Blends and Contents of GGBS, MgO, Lime, and PC. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(2), 267-274.
- [20] TCVN 6260:2009. Xi măng Pooc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật.
- [21] TCVN10302:2014. Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng.
- [22] TCVN 7709:2007. Vật liệu chịu lửa - vữa Manhêdi.
- [23] Viện Thủy công - Viện KHTL VN (2022). "Nghiên cứu công nghệ cứng hóa đất bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát", Mã số ĐTDL.CN-33/19-22.
- [24] Makusa G.P. (2013), *Stabilization-Solidification of High Water Content Dredged Sediments*, Luleå University of Technology.